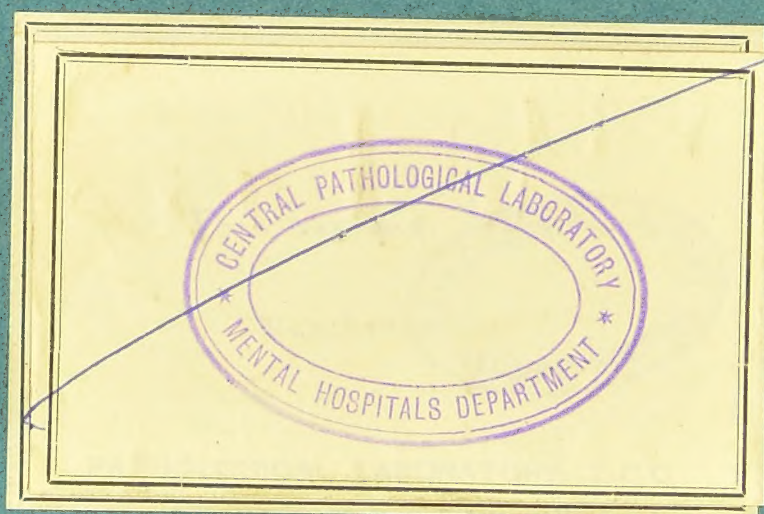
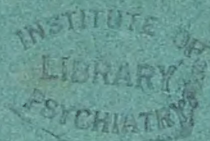




DIE

# LEITUNGSBAHNEN

IM

# GEHIRN UND RÜCKENMARK.

---

EIN HANDBUCH
FÜR DAS STUDIUM DES AUFBAUES UND DER INNEREN VERBINDUNGEN
DES NERVENSYSTEMES.

VON

**W. v. BECHTEREW**

O. Ö. PROFESSOR DER KAISERL. MEDIZINISCHEN AKADEMIE,
DIREKTOR DER PSYCHIATRISCHEN UND NERVENKLINIK ZU ST. PETERSBURG.

DEUTSCH
VON

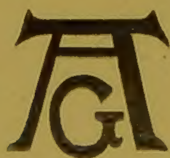
**RICHARD WEINBERG**

ASSISTENT DES JURJEFF-DORPATER ANATOMISCHEN INSTITUTES.

---

**ZWEITE, VÖLLIG UMGEARBEITETE UND STARK ERWEITERTE AUFLAGE.**

MIT 589 TEXTABBILDUNGEN UND 1 FARBIGEN TAFEL.



LEIPZIG
VERLAG VON ARTHUR GEORGI
1899.

6598

22-8-60

Druck von C. Grumbach in Leipzig.

PROFESSOR P. FLECHSIG

DIREKTOR DER PSYCHIATRISCHEN KLINIK IN LEIPZIG

VEREHRUNGSVOLL GEWIDMET.



# Inhaltsübersicht.

Seite

Vorwort des Verfassers . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . VII
Begleitwort . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . VIII
Vorwort zur zweiten russischen Auflage . . . . . . . . . . . . . . . . IX

I. Abschnitt.

Einleitung: Von den Untersuchungsmethoden des Faserverlaufes im centralen Nervensystem . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1

II. Abschnitt.

Von den Leitungsbahnen des Rückenmarkes . . . . . . . . . . . . . . 17

III. Abschnitt.

Von den Leitungsbahnen des Gehirnstammes . . . . . . . . . . . . . 112

IV. Abschnitt.

Von den Leitungsbahnen des Kleinhirns . . . . . . . . . . . . . . . 359

V. Abschnitt.

Von den Leitungsbahnen des Endhirns . . . . . . . . . . . . . . . . 425

VI. Abschnitt.

Von der Leitungseinrichtung im Nervensystem . . . . . . . . . . . . 600

VII. Abschnitt.

Gesamtübersicht der Leitungsbahnen im Centralnervensystem . . . . . . 630

Erklärung der farbigen Tafel . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 647
Bibliographische Übersicht . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 653
Namen- und Sachregister . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 687

# Vorwort des Verfassers.

Mit vergleichungsweise reichen methodischen Mitteln arbeitet die moderne Forschung unausgesetzt an dem Ausbau der so bedeutungsvollen Lehre von den Leitungsbahnen des Nervensystemes. Es vergeht fast kein Tag, ohne dass in der Litteratur immer neue Hände an dem Baue angreifen und immer neue Bausteine den schon vorhandenen angereiht würden. Mit grossem Fleisse werden besonders die Verhältnisse der Faserdegenerationen mittelst des Verfahrens von *Marchi* in Arbeit genommen. Aber auch *Golgi*s und *Ramón y Cajal*s Methode erweist sich der Auffassung der Leitungsanordnungen vielfach in hohem Grade förderlich, und eine Reihe hervorragender und wertvoller Aufschlüsse sind im Laufe der letzten Jahre durch Beobachtung der Markscheidenentwickelung gewonnen worden.

Nicht überall indessen herrscht volle Einheitlichkeit in diesem stetig schwellenden wissenschaftlichen Material. Schroffe Gegensätze, auch in wesentlichen Dingen, machen sich oft genug störend bemerkbar. Eine, wie die hier beabsichtigte, Gesamtdarstellung der Nervenbahnen aber kann nur auf dem Wege selbständiger Bearbeitung von jenem litterarischen Materiale eine erfolgreiche Nutzanwendung erhoffen. Dies ist um so mehr der Fall, als unser Wissen, zumal in schwerwiegenden Fragen, noch bei weitem nicht lückenlos genannt werden darf. In beiden Beziehungen ist der Verfasser bei der Bearbeitung des Stoffes bemüht gewesen, Abhilfe zu schaffen. Eine ganze Reihe von Personen sind in des Verfassers Laboratorium bei der Lösung der Aufgaben, die die Kraft des Einzelnen weit übersteigen, mit thätig gewesen. Konnte dank diesen Bemühungen schon die neue Auflage des Originalwerkes als völlig neu bearbeitet und an Umfang erheblich gewachsen bezeichnet werden, so hat die gegenwärtig erscheinende Übersetzung insofern den Vorzug grösserer Vollständigkeit, als neben den neuesten Erscheinungen der Litteratur die Ergebnisse der inzwischen in dem Laboratorium des Verfassers erzielten Ermittelungen darin Aufnahme gefunden haben. Bei Inangriffnahme der deutschen Ausgabe des Buches, aber auch nach geschehener Fertigstellung des Manuskriptes, ja noch

im Verlaufe der Drucklegung ist durch zahlreiche Nachträge und Vervollständigungen dem nicht rastenden Fortschritte Rechnung getragen worden. Auch die Anzahl der Textabbildungen, die mit wenigen durch Quellenangabe hervorgehobenen Ausnahmen nach Originalpräparaten des Verfassers oder seiner Schüler hergestellt sind, hat infolge des freundlichen Entgegenkommens des Verlegers, Herrn *Arthur Georgi* in Leipzig, in der Übersetzung einen erfreulichen Zuwachs erfahren, für welchen ich dem Genannten hiermit öffentlich meinen herzlichsten Dank ausspreche.

St. Petersburg, September 1898.

**W. v. Bechterew.**

---

# Begleitwort.

Wie die erste Auflage der deutschen Ausgabe des vorliegenden Werkes durch den Unterzeichneten veranlasst worden ist, so verhält es sich auch mit der nunmehr erscheinenden zweiten Auflage. Wie ich damals mit der Annahme im Rechte war, die deutsche Gelehrtenwelt werde dem Erscheinen des *Bechterew*schen Werkes Beifall spenden, so hoffe ich auch mit der Hoffnung im Rechte zu bleiben, dass die deutsche Übertragung der zweiten Auflage nicht mit geringerem Beifall werde aufgenommen werden. Obwohl die zwischen beiden Auflagen liegende Zeitspanne keine lange ist, so schreitet doch gerade auf dem Gebiete des Nervensystemes die Forschung so erfolgreich und so rasch weiter, dass verhältnismässig kleinen Zeiträumen bedeutende wissenschaftliche Umgestaltungen entsprechen. Schon der äussere Umfang der zweiten Auflage bekundet gegenüber der ersten einen sehr beträchtlichen Zuwachs. Was aber inneren Zuwachs betrifft, so haben sowohl die Ergebnisse anderer Forscher, als auch diejenigen des Autors selbst, die sehr zahlreich sind, Aufnahme gefunden. In letzterer Hinsicht ist insbesondere hinzuweisen auf die detaillierte Einteilung der weissen Fasersäulen des Markes, der Hinter- und Vorderseitenstränge desselben, auf die Darstellung einer Reihe von Bahnen im Rückenmarke, z. B. des medialen Seitenstrangbündels, und in der Medulla oblongata (centrale Haubenbahn, Faserung der Formatio reticularis etc.), auf die genaue und selbständige Bearbeitung der Gehirnnervenwurzeln und -kerne (insbesondere des Vagoglossopharyngeus, Acusticus und Oculomotorius), der Kleinhirn-

bahnen und der Anordnung der verschiedenen Faserzüge im Inneren des kleinen Gehirns, auf die Beschreibung vieler Kerne in der Formatio reticularis (Nucleus reticularis tegmenti, Nucleus centralis superior medialis s. Nucleus medianus, Nucleus innominatus, konischer Kern des Tractus peduncularis transversus u. s. w.), auf die Zergliederung der Formatio reticularis in einzelne Bündel, auf die ausführlichen Ermittelungen im Gebiete der subkortikalen Endhirnbahnen und der Associationssysteme der Hirnrinde (äusseres Associationssystem des Autors); endlich auf die selbständige, mittelst der Methoden von *Golgi* und *Ramón y Cajal* gewonnene Darstellung der intimsten Beziehungen zwischen den verschiedenen Neuronen im Rückenmarke, im verlängerten Marke, im Klein- und Endhirn.

Es bedarf kaum einer besonderen Erwähnung, dass in der neuen Auflage die Lehre von den Nerveneinheiten volle Verwertung gefunden hat. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass die Ergebnisse der Markscheidenmethode beispielsweise auf vielen Gebieten der Hirnanatomie ungleich weiter gelangt sind, als vorläufig die Methoden der Eruierung der Nerveneinheiten. So können die letzteren die Ergebnisse der ersteren als Führer benützen, um das Licht, welches die volle Kenntnis der Nerveneinheiten gewährt, auch in jene Gebiete zu tragen. Nicht nur die soeben genannten beiden Methoden der Untersuchung haben indessen für das Werk Anwendung gefunden, sondern deren Gesamtheit. Die Ausstattung mit Figuren, schon in der ersten Auflage ansehnlich, hat in der neuen eine beträchtliche Zunahme erfahren. So sei denn das Werk der Aufmerksamkeit der Forscher, der Ärzte und der Studierenden bestens empfohlen.

Jurjew (Dorpat), 1. September 1898.

A. Rauber.

---

# Vorwort zur zweiten russischen Auflage.

Wenn meine Darstellung der „Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark" schon bei ihrem ersten Erscheinen in der allgemeinmedizinischen und in der speziellen Fachlitteratur eine über meine Erwartungen hinaus günstige Beurteilung erfahren hat, so scheint mir dies nicht sowohl auf Vorzüge des Buches, als vielmehr auf die grosse Wichtigkeit des darin behandelten Gegenstandes hinzuweisen, auf seine Bedeutung für den Spezialisten — den Neuropathologen und Psy-

chiater —, aber auch für alle diejenigen, welche der Physiologie des Nervensystemes ihre Aufmerksamkeit zuwenden.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass das Interesse an einer erschöpfenden Darstellung der Leitungsbahnen auch heute ein nicht minder tiefgehendes ist, zumal die Grundlagen dieses Wissenszweiges nicht allein in Werken theoretischen Inhaltes, sondern auch in der klinischen Medizin und nicht minder am Krankenbette sich bereits des vollsten Bürgerrechtes erfreuen. Ich ersehe dies aus der stetig anwachsenden Litteratur des Gegenstandes, es zeugen dafür aber auch verschiedene an mich ergehende Ansuchen um meine Einwilligung zu der Herausgabe dieses Handbuches in anderen europäischen Sprachen, nachdem vor nunmehr drei Jahren eine deutsche Ausgabe desselben erschienen ist. Solche Erwägungen gaben mit den Anstoss zu einer Neubearbeitung der „Leitungsbahnen" und ging ich dabei von dem Plane aus, einmal der neuesten einschlagenden Litteratur des Gegenstandes Rechnung zu tragen, dann aber auch über alles dasjenige zu berichten, was im Verlaufe der letzten Jahre von mir selbst oder unter meiner unmittelbaren Leitung in meinem Laboratorium auf dem Gebiete der Gehirnanatomie neues ermittelt worden ist. Unwesentliche Änderungen der ersten Auflage hätten hier nicht zum Ziele geführt, vielmehr war es geboten, den gesamten Stoff völlig umzuarbeiten und in allen wesentlichen Punkten zu ergänzen. Gleichzeitig ist die Anzahl der Abbildungen sehr erheblich vermehrt worden, was für das Verständnis des Textes einen entschiedenen Vorteil bedeutet. Ich kann nur wünschen, dass dieses Buch, welchem auch in seiner neuen Gestalt gewiss noch vielerlei Mängel anhaften, das Studium der Leitungsbahnen des Centralnervensystems fördern möge.

Die nun fertig vorliegende zweite Auflage der „Leitungsbahnen" weist einen grösseren Umfang auf, als anfänglich vorauszusehen und zu erwarten war. Alle wichtigen neueren Errungenschaften, so auch die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen, mussten thunlichst Berücksichtigung finden. Von diesem einmal feststehenden Plane durfte bis zur letzten Zeile nicht abgewichen werden. Von Anfang bis zu Ende ergab sich vielmehr die Notwendigkeit einer völligen Neubearbeitung und einer nicht unbeträchtlichen Erweiterung der Darstellungen: kaum etwas mehr als die allgemeine Disposition der ersten Auflage liess sich für die neue verwerten. Dazu bedurfte es natürlich viel Zeit und Arbeit. Diesen Wunsch gewähren aber zahlreiche Berufspflichten leider nur in beschränktem Masse, und aus dem letzteren Grunde hat auch die Drucklegung des Buches auf eine Reihe unliebsamer Verzögerungen zurückzublicken.

Zum Schlusse ist es mir angenehme Pflicht, aller Derjenigen, die mir bei der Veröffentlichung dieses Buches förderlich gewesen, dankend

zu erwähnen. Bei dem heutigen Stande unseres Wissens musste der Gedanke an eine irgend erschöpfende Darstellung der für die Neurologie so bedeutungsvollen Lehre der Nervenbahnen ohne gründliche Prüfung zahlreicher Kontroversen und ohne Neubearbeitung schwebender Fragen von vornherein als aussichtslos zurückgewiesen werden. Die vereinten Bemühungen derjenigen, die in meinem Laboratorium sich den Aufgaben der Gehirnanatomie zugewendet, sind der Bearbeitung vieler Kapitel dieses Buches wesentlich hilfreich gewesen. Dieser meiner Mitarbeiter Leistungen sind im Texte thunlichst überall durch Namenanführung hervorgehoben. Ihnen zolle ich hiermit aufrichtigen Dank. Bei der Durchsicht der Korrekturen und bei der Zusammenstellung der Indices ist mir insbesondere mein Assistent Dr. *P. Ostankoff* mit dankenswertem Fleisse zur Hand gegangen. Sehr verpflichtet bin ich ferner allen den Kollegen, die mit so viel Verständnis für die Wichtigkeit des Gegenstandes meinem Vorhaben ihre Mitwirkung haben zu teil werden lassen. Mit Anerkennung muss ich endlich hervorheben, dass die Verlagshandlung von *K. Ricker* in St. Petersburg jederzeit bemüht gewesen ist, zu einer angemessenen Ausstattung der neuen Auflage das ihrige zu thun.

St. Petersburg, August 1897.

# I. Abschnitt.

## Einleitung.

### Von den Untersuchungsmethoden des Faserverlaufes im centralen Nervensystem.

Die gewebliche Grundlage des Centralnervensystems erscheint, wenn man von dem Stützgewebe, das hier unter dem Namen Neuroglia bekannt ist, von hier und da zerstreut liegenden Bindegewebszellen, von dem Deckepithel der Gehirnhöhlen und den zur Ernährung des Organes dienenden Gefässen zunächst absieht, aus zweierlei Elementen aufgebaut, nämlich einmal aus Nervenzellen und zweitens aus daraus entspringenden Nervenfasern. Die Nervenzellen treten für gewöhnlich zur Bildung grösserer oder kleinerer Gruppen zusammen, insbesondere bilden sie den wesentlichsten Bestandteil der sog. grauen Kerne; viel seltener finden sie sich als eingestreute Elemente inmitten weisser Markmassen, wir haben dann eine Art diffuser grauer Substanz vor uns, als welche sich z. B. die Formatio reticularis darstellt. Die Nervenfasern setzen sich unmittelbar aus den Axonen der Nervenzellen fort; in der grauen Substanz sind sie als zerstreute Elemente überall anzutreffen, wogegen sie jenseits der Grenzen derselben zu dichten Markmassen zusammentreten, welche grosse Bezirke sowohl im Rückenmark, wie im Gehirn einnehmen. Überall fällt ihnen die Aufgabe zu, Nervenzellen miteinander in Beziehung zu setzen, sei es solche eines und des nämlichen Bezirkes der grauen Substanz, sei es weit entlegener Teile des centralen bezw. des peripheren Nervensystems.

Die Anatomie des Nervensystems zieht nicht allein die topographischen Verhältnisse der grauen und weissen Substanz und den inneren Bau dieser Teile in das Bereich der Betrachtung, vielmehr geht ihre Aufgabe dahin, die näheren Beziehungen und Verbindungen zwischen den verschiedenen Abschnitten der grauen Substanz möglichst vollständig klarzulegen. Allein zur Lösung dieser wichtigen Aufgabe sind anatomisch-histologische Untersuchungen bei weitem nicht immer ausreichend; es treten hier ungeachtet aller Fortschritte moderner mikroskopischer Technik nicht selten unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, teils infolge der grossen Einförmigkeit der äusseren Gestalt der

Nervenfasern, teils infolge des Umstandes, dass die einzelnen Faserzüge im Rückenmark und Gehirn ohne wahrnehmbare Grenzen dicht bei einander liegen, nicht selten sich miteinander vermischen — besonders peripheriewärts — oder Geflechte, ja manchmal echte Kreuzungen bilden.

Es ist daher die sog. Abfaserungsmethode der früheren Anatomen, welche in der methodischen Zerlegung des in Spiritus gehärteten Markes in einzelne Bündel oder Systeme von Fasern bestand, von der modernen Forschung gänzlich aufgegeben worden, wenigstens soweit es sich um das Studium der inneren Verbindungen des Centralnervensystems handelt; dagegen hat sich in neuerer Zeit eine Reihe anderer spezieller Methoden entwickelt und zu hoher wissenschaftlicher Bedeutung aufgeschwungen, von welchen hier nur die folgenden angeführt werden sollen:

1. Die vergleichende Untersuchung der fortlaufenden Schnittserien. Der zu untersuchende Teil wird nach dieser Methode deren systematische Ausarbeitung wir *Stilling* verdanken, in eine fortlaufende Reihe zur mikroskopischen Untersuchung geeigneter Schnitte zerlegt. Die topographische Verteilung der Zellgruppen und Faserbündel in den einzelnen Schnitten und die Vergleichung verschiedener Serienschnitte untereinander giebt uns in vielen Fällen die Möglichkeit an die Hand, den Verlauf einzelner Faserbündel resp. Fasersysteme und ihren Zusammenhang mit bestimmten Gebieten grauer Substanz zu verfolgen. Nach dem Vorgang von *Stilling* vermag man ferner durch Messung des Querschnittes eines Fasersystems in verschiedener Höhe seine Beziehungen zu bestimmten Teilen grauer Substanz zu erschliessen.

Allein diese Methode, welche erst seit der Erfindung und technischen Vervollkommnung der Mikrotome eine grössere praktische Bedeutung gewonnen hat, versagt in jenen Fällen, wo die Nervenfaserbündel sich zu Geflechten vereinigen oder untereinandermengen oder wo die Fasern, anstatt zu mehr oder weniger abgegrenzten Bündeln zusammenzutreten, nach verschiedenen Richtungen des Raumes auseinanderweichen. Sehr grosse Vorteile hingegen gewährt die Untersuchung der Schnittserien bei gleichzeitiger Anwendung anderer, im folgenden näher zu schildernder Methoden, welche den Schnitten eine grössere Anschaulichkeit und Klarheit verleihen.

2. Die Behandlung der Präparate mit Farbstoffen und anderen chemischen Reagentien.

Diese von *Gerlach* durch Einführung des Karmins in die Histologie des Nervensystems angebahnte Methode basiert auf der Eigentümlichkeit gewisser chemischer Reagentien und Farbstoffe, nur auf die eigentlichen nervösen Elemente einzuwirken, wogegen die sonstigen Bestandteile des Nervensystems entweder gar nicht oder nur in äusserst geringem Masse beeinflusst werden.

Die Histologie des Nervensystems verfügt gegenwärtig über ein förmliches Arsenal von Farbstoffen, die alle für diesen oder jenen speziellen Zweck mehr oder weniger leistungsfähig erscheinen. Für die Erforschung des Faserverlaufes jedoch kommen ausser dem üblichen Karmin und Pikrokarmin besonders folgende Methoden in Betracht: 1. die Färbung der Schnitte mit Goldpräparaten nach den neuesten Angaben von *Freud;* 2. die Hämatoxylinfärbung nach *Weigert* resp. die verschiedenen Modifikationen dieses Verfahrens, z. B. diejenige von *Pal*, und endlich 3. die Behandlung der Präparate nach der von *Marchi* vorgeschlagenen Methode der frischen Degenerationen. Die genannten Verfahren, in ganz hervorragendem Masse aber die Hämatoxylinmethode, leisten speziell bei Untersuchungen über den Faserverlauf in der grauen Substanz von Gehirn und Rückenmark geradezu unschätzbare Dienste.

Eine ausserordentliche Bedeutung für die Histologie des Nervensystems beansprucht neuerdings das Silberverfahren von *Golgi*. Es gewährt einen tiefen Einblick in die näheren Beziehungen der Nervenfaser zur Nervenzelle, Beziehungen welche durch die sonstigen Hilfsmittel histologischer Technik nicht darstellbar erscheinen.

Eine nicht geringere, wenn nicht grössere Tragweite kommt für das peripherische Nervensystem der in neuerer Zeit von *Ehrlich* angegebenen Methylenblaureaktion des lebenden Nerven zu. Zur Erforschung des Faserverlaufes im centralen Nervensystem hat dieses Verfahren bis anhin leider keine Verwendung finden können.

3. Die vergleichend-anatomische Methode, welche vorzugsweise *Meynert* und seinen Schülern ihre Entwickelung verdankt, hat bereits in zahlreiche den gegenseitigen Zusammenhang centraler Gebiete des Nervensystems betreffende Fragen Licht und Klarheit gebracht. Sie geht von der Thatsache aus, dass in der Tierreihe ein gewisser Parallelismus sich bemerkbar macht zwischen der Entwickelung peripherer Körperteile und der Ausbildung derjenigen Centralapparate, in welchen die Leitungsbahnen der ersteren endigen, sowie ferner zwischen den verschiedenen Teilen des Centralnervensystems untereinander. Es wird demnach an der Hand vergleichend-anatomischer Untersuchungen der gegenseitige Zusammenhang einzelner Teile des Nervensystems aus der relativen Ausbildung derselben bei differenten Tierspezies erschlossen.

Aber noch in einer anderen Beziehung hat sich die vergleichend-anatomische Betrachtung als sehr fruchtbringend erwiesen, indem das Studium des verhältnismässig einfachen Gehirnbaues niederer Geschöpfe das Verständnis der Architektonik des Gehirns höherer Wirbeltiere sehr wesentlich fördert.

4. Die embryologische Methode, d. h. die Untersuchung der Entwickelung der Nervenfasern ist von *Flechsig* und seiner

Schule mit grossem Erfolg zur Erforschung der Nervenbahnen in Anwendung gebracht worden.

Sie beruht auf der Thatsache, dass die Ummarkung der Fasern in den verschiedenen Teilen des Centralnervensystems zu sehr verschiedenen Zeiten der embryonalen Entwickelung vor sich geht. Die Markscheidenbildung schreitet, wie sich des weiteren gezeigt hat, nach ganz bestimmten Fasersystemen und Faserbündeln fort; im allgemeinen lassen sich die verschiedenen Teile des Nervensystems nach der Zeitfolge der Markscheidenentwickelung in folgende Reihe bringen: Am allerfrühesten ummarken sich die Fasern der peripheren Nervenstämme und die Reflexbahnen des Rückenmarkes und der Medulla oblongata; es folgt das centrale Mark des Kleinhirns; sodann die Fasern, welche die Grosshirnrinde mit dem Grau des Rückenmarkes, des Gehirnstammes und Kleinhirns verknüpfen; endlich die zerstreuten Binnenfasern des Grosshirns. Am spätesten vollzieht sich im Centralnervensystem resp. im Grosshirn die Markentwickelung der Associationsfasern der grauen Vorderhirnrinde.

Die Betrachtung des foetalen bezw. kindlichen Centralorganes wird demnach zu dem Ergebnis führen, dass gewisse Fasern bereits Markscheiden aufweisen zu einer Zeit, wo andere des Nervenmarkes noch völlig entbehren. Da nun weiterhin markhaltige Fasern marklosen gegenüber sehr sinnfällige, mikroskopisch leicht wahrnehmbare Unterschiede darbieten, so erscheint die Untersuchung des Nervensystems in dessen verschiedenen Entwickelungsphasen ausserordentlich geeignet, um bestimmte Fasersysteme inmitten benachbarter Stränge als solche kenntlich zu machen und von letzteren abzugrenzen. Da aber endlich die Entwickelung der Fasersysteme zweifellos in Korrellation steht zu der Entwickelung der centralen Bezirke, aus welchen jene ihren Ursprung nehmen, so vermag uns die in Rede stehende Untersuchungsmethode zu einem Urteil über die Entfaltung bestimmter Gehirncentra hinzuführen.

Die Untersuchung der Entwickelung ist ferner vor anderen Methoden dadurch ausgezeichnet, dass sie dem Studium sämtlicher oder doch sehr vieler Teile des Nervensystems förderlich ist. Dies gilt insbesondere von dem Faserverlauf solcher Centralteile, wo infolge ungemein komplizierter Strukturverhältnisse mittelst sonstiger Methoden gar keine oder nur ganz unerhebliche Resultate zu gewinnen sind.

In manchen Fällen ist es, wie ich aus eigener Erfahrung weiss und worauf neuerdings auch *Edinger* Nachdruck legt, von Nutzen, die Untersuchung der Entwickelung mit der vergleichend-anatomischen Betrachtung Hand in Hand gehen zu lassen und das foetale Gehirn verschiedener, speziell auch niederer Tierspezies der Beobachtung zu Grunde zu legen. Eine derartig kombinierte (vergleichend-entwickelungsgeschichtliche)

Betrachtungsweise erscheint nach meinen Erfahrungen auch insofern sehr zweckmässig, als die relative Aufeinanderfolge der Entwickelung centraler Faserbündel in der Tierreihe nicht überall die nämliche ist, woraus sich dann manchmal die Möglichkeit ergiebt, ein gegebenes Faserbündel im embryonalen bezw. foetalen Tiergehirn sicherer abzusondern, als dies die Untersuchung des foetalen Gehirns vom Menschen zuwege bringt.

5. Die Methode der Entwickelungshemmung oder Atrophie, von *Gudden* und seinen Schülern systematisch ausgearbeitet, geht von der Erfahrung aus, dass bestimmte Teile des Centralnervensystems auf einer unvollkommenen, in der Regel foetalen Entwickelungsstufe stehen bleiben oder total atrophisch werden, wenn die ihnen korrespondierenden Körperorgane infolge ungünstiger von Anbeginn des extrauterinen Lebens auf das Individuum einwirkender Bedingungen ausser Funktion gesetzt werden. Ähnliche Erscheinungen von Entwickelungshemmung centraler oder peripherer Teile beobachtet man auch im Gefolge von künstlich oder durch krankhafte Vorgänge in frühen Entwickelungsphasen erzeugten Zerstörungen der entsprechenden peripherischen oder centralen Organe. Es ist leicht einzusehen, dass derartige Untersuchungen es in vielen Fällen gestatten werden, über den gegenseitigen Zusammenhang von Teilen des Nervensystems sichere Schlüsse zu ziehen, mit der wichtigen Einschränkung allerdings, dass die in Rede stehende Methode nur insoweit verlässlich ist, als sie positive Resultate ergiebt, d. h. wir dürfen das Vorhandensein von Beziehungen zwischen zwei gegebenen Teilen des Nervensystems nur dann annehmen, wenn nach Zerstörung des einen Atrophie des anderen eintritt; keinesfalls aber ist, wie dies irrtümlich in älteren und einigen neueren Werken geschieht, der umgekehrte Schluss statthaft, wenn nach Zerstörung eines Teiles aus irgendwelchen Gründen sich keine Zeichen von Atrophie des anderen Teiles bemerkbar machen.

Es darf hier noch darauf hingewiesen werden, dass es auch pathologische Fälle geben kann, wo uns die Natur selbst gewissermassen ein *Gudden*sches Experiment vorführt. Es gehören hierher z. B. jene Fälle von frühzeitigen Läsionen des Gehirns oder anderer Organe, in deren Gefolge sich atrophische Zustände im Centralnervensystem entwickeln.

6. Hieran schliesst sich weiterhin ein Verfahren, welches den angeborenen Entwickelungsstillstand bezw. die angeborenen Missbildungen im Bereiche des Centralnervensystems zum Ausgangspunkt nimmt. Die Betrachtung derartiger pathologischer Hirne lässt hier und da eine Leitungsbahn mit grösserer Evidenz zur Darstellung bringen, als das Studium normaler Verhältnisse. Als Beispiel können hier die Fälle von kongenitalem Mangel des Balkens dienen, wo die benachbarten Nervenbündel mit ungemeiner Deutlichkeit

hervortreten. Im übrigen muss von dieser Methode bemerkt werden, dass sie sich gegenwärtig noch keiner sehr grossen Verbreitung erfreut.

7. Die pathologisch-anatomische Methode bezw. die Untersuchung der sekundären Degenerationen ist durch die Arbeiten von *Türck* in die neurologische Forschung eingeführt worden. Ihr liegt der Satz zu Grunde, dass die Nervenfaser bezüglich ihrer Ernährung abhängig ist von der Integrität der Nervenzelle, aus welcher sie hervorgeht; Zerstörung der Nervenzelle involviert daher Degeneration der hinzugehörigen Nervenfaser. Dass letztere dem Untergange preisgegeben ist, sobald erstere zerstört oder abgelöst wird, erscheint leicht begreiflich, wenn man bedenkt, dass jede Nervenfaser im Grunde ja nichts weiter vorstellt als einen mehr oder minder in die Länge gezogenen Fortsatz einer Nervenzelle.

Die Untersuchung der sekundären Degenerationen hat bezüglich des Faserverlaufs im Centralnervensystem dank der ungemeinen Präzision der Methode bereits manches schöne Resultat geliefert. In den letzten Jahren wurde sie überhaupt mit immer wachsendem Eifer gehandhabt und förderte eine grosse Reihe von Arbeiten zu Tage, welche unsere Kenntnisse von den inneren Verbindungen des Nervensystems in vielen wesentlichen Punkten erweitert, ja in manchen ganz besonders gefestigt haben. Welche Perspektiven die Methode der sekundären Degenerationen uns noch für die Zukunft eröffnet, darauf weist bereits der Umstand hin, dass die Lehre von den nutritiven Beziehungen der Nervenfaser zu ihrer Ursprungszelle schon heute den Wert eines Naturgesetzes beanspruchen darf.

In letzterer Beziehung sind neuere Untersuchungen bestrebt den Nachweis zu führen, dass die Faserdegenerationen nicht immer in einer einzigen bestimmten Richtung, d. h. cellulifugal fortschreiten, sondern zum Teil auch cellulipetale sein können. Dafür zeugen unter anderem neuere Beobachtungen über aufsteigende Entartung motorischer Nerven nach Amputation, Durchschneidung oder sonstigen Läsionen peripherer Nervenabschnitte, während doch den üblichen Anschauungen gemäss motorische Nervenfasern nur absteigend degenerieren können. Die Erscheinung ist offenbar so zu erklären, dass in den betreffenden Fällen die Nervenzelle nach erfolgter Ausschaltung ihres adäquaten Reizes zu Grunde geht, worauf zunächst die centralen und sodann auch die peripherischen Teile der motorischen Bahn der Degeneration anheimfallen.

8. Die physiologische Methode oder die Methode der Vivisektion beruht darauf, dass wir am Versuchstier bestimmte Nervencentra und die hinzugehörigen Nervenfasern durch direkte, namentlich elektrische Reizung in Thätigkeit zu versetzen imstande sind, wogegen Zerstörung der Centra oder Durchschneidung der Fasern die Funktion

dieser Teile aufhebt. Aus den am Versuchstier beobachteten Erscheinungen lassen sich dann Schlüsse ziehen auf Beziehungen eines gegebenen Nervenabschnittes zu diesen oder jenen peripheren Teilen; insbesondere ist eine funktionelle Trennung der Nervenfasern hier durchführbar; ungemein wertvoll erscheint die betrachtete Methode ferner infolge des Umstandes, dass sie es gestattet, jede Nervenfaser in ganzer Länge ihres Verlaufes zu verfolgen, umsomehr als neben der Verlaufsrichtung gleichzeitig auch die physiologische Natur der Fasern erkannt wird, über welche uns die im Bisherigen erörterten neurologischen Methoden vollständig im Unklaren lassen.

Berücksichtigt man ausserdem, dass die Vivisektion als Methode überhaupt in sehr ausgedehntem Masse Anwendung findet, so tritt ihre eminente Bedeutung für die Erforschung der Leitungsbahnen noch mehr hervor. Die experimentelle Physiologie dient hier den Zwecken der Anatomie in nicht minderem Grade, als denen der Physiologie, und man wird nicht fehlgehen wenn man behauptet, dass die grosse Mehrzahl der physiologischen Entdeckungen im Gebiete des Centralnervensystems auch der Entwickelung unserer anatomischen Vorstellungen von den inneren Verbindungen im Gehirn und Rückenmark sehr oft förderlich gewesen ist.

9. Die pathologische Methode lehnt sich innig an das Vivisektionsverfahren an, und beruht auf einem ähnlichen Prinzip wie dieses; bei beiden handelt es sich um Zerstörung von Teilen des Centralnervensystems; was aber dort die Hand des Experimentators am Tiere ausführt, das vollzieht hier die Natur selbst durch Entwickelung krankhafter Vorgänge am nervösen Centralorgane des Menschen.

10. Die embryologisch-physiologische Methode. Ich habe mich auf Grundlage meiner Untersuchungen davon überzeugen können, dass die Vivisektion kombiniert mit der Untersuchung der Entwickelung sich zu einer Methode gestaltet, welche bedeutende Vorteile darbietet, indem sie Resultate zu Tage fördert, in welche uns die Vivisektion des ausgewachsenen Tieres keinen Einblick zu verschaffen vermag. Bei der Beurteilung der Ergebnisse derartiger Untersuchungen wird man folgende allgemeine Gesichtspunkte berücksichtigen*): 1. Die motorischen Effekte, welche am neugeborenen Tier nach elektrischer Nervenerregung zur Beobachtung gelangen, setzen Leitungsbahnen voraus, die sich bereits mit Mark umkleidet haben. 2. Bleibt beim neugeborenen Tier elektrische Reizung einer Hirnregion erfolglos, die beim ausgewachsenen Tier erregbar ist, so darf das Ausbleiben des moto-

---

*) Vgl. meine Arbeit: „Die Kombination der entwickelungsgeschichtlichen und Degenerationsmethode mit der Vivisektion und ihre Bedeutung für die experimentelle Physiologie des Nervensystems". Neurolog. Anzeiger, 1895 Heft I.

rischen Effektes auf mangelhafte Entwickelung der betreffenden Faserzüge bezw. auf Fehlen der Markscheiden in denselben zurückgeführt werden. 3. Wenn beim neugeborenen Tier nach Zerstörung von Teilen des Nervensystems Störungen der Motilität oder Sensibilität sich einstellen, so stehen diese letzteren in Abhängigkeit von Läsionen solcher Gewebsbezirke, welche entwickelte bezw. markhaltige Nervenfasern enthalten. 4. Wenn nach Zerstörung bezw. Kontinuitätstrennung von Teilen der Nervensubstanz am neugeborenen Tier keine Alterationen der Motilität oder Sensibilität, die der gleiche Eingriff beim ausgewachsenen Tier zur Folge haben würde, zur Beobachtung gelangen, und wenn die anatomische Untersuchung in den betreffenden Gewebsteilen neben unentwickelten Nervenfasern auch markhaltige erweist, so wird man für das Fehlen jener Alterationen diejenigen Faserbündel oder Leitungssysteme verantwortlich machen, welche in der betreffenden Gegend noch marklos erscheinen.

Da nun die Ummarkung der Nervenfasern, wie man weiss, sowohl beim Menschen als auch beim Tier systematisch von Faserbündel zu Faserbündel fortschreitet und die Entwickelung der Nervenzellen höchstwahrscheinlich ebenfalls mit einer gewissen Gesetzmässigkeit von Region zu Region um sich greift, so ist es ohne weiteres klar, dass meine Methode, die ich oben als embryologisch-physiologische bezeichnet habe, nicht nur den Nachweis des Verlaufes einzelner Faserbündel ermöglicht, sondern — und dies erscheint durch andere Hilfsmittel kaum erreichbar — es auch gestattet, über die Funktion derselben Klarheit zu erlangen.*)

11. In letzterer Beziehung kann nur ein Verfahren namhaft gemacht werden, dessen Endergebnisse ebenfalls die funktionelle Bedeutung der einzelnen Nervenbündel bis zu einem gewissen Grade beleuchten und welches ich als das pathologisch-physiologische bezeichnen möchte. Diese Methode ist wie die vorhergehende eine kombinierte und besteht in der Untersuchung der Degenerationen bei gleichzeitiger Reizung der degenerierten Teile durch den elektrischen Strom. Da entartete Faserbündel funktionell ebenso unbrauchbar sind,

---

*) Über die Resultate dieser Untersuchungsmethode vgl. außer meiner oben citierten Arbeit noch folgende von mir veröffentlichte Artikel: 1. Über die Erregbarkeit der motorischen Rindencentra bei neugeborenen Hunden. Wratsch 1886 No. 34 (Original) und Arch. Slaves de Biologie 1886. 2. Über die Prüfung der Erregbarkeit der Rückenmarksstränge neugeborener Tiere. Wratsch 1887 No. 22 (Original) und Neurol. Centralbl. 1888 No. 6. 3. Über die Erregbarkeit verschiedener Teile des Gehirns neugeborener Tiere. Wratsch 1889 No. 15 und Neurol. Centralbl. 1889 No. 18. 4. Über die Erscheinungen nach Zerstörung verschiedener Teile des Nervensystems neugeborener Tiere und über die Entwickelung der Gehirnfunktionen bei denselben. Medicin. Rundschau 1890 No. 4 (Original) und Neurol. Centralbl. 1890 No. 21.

wie unentwickelte Nervenfasern neugeborener Tiere, so sind sämtliche im obigen angeführte Gesichtspunkte über elektrische Reizung markloser Nervenabschnitte auch auf die durch Zerstörung oder Durchschneidung bestimmter Teile erzeugten experimentellen Strang-Degenerationen beim erwachsenen Tier anwendbar.

Hier schliesst die Reihe der wichtigsten Methoden, die dem Forscher bei Untersuchungen über den Faserverlauf im Centralnervensystem zur Verfügung stehen. Da die Brauchbarkeit einer Methode an bestimmte Grenzen gebunden ist, jenseits welcher sie versagt, so ist ein umfassendes und genaues Studium der Leitungsbahnen nur denkbar bei Anwendung aller oder zum mindesten vieler Methoden nacheinander; erweist sich das eine Verfahren als unzureichend oder führt es in einem gegebenen Falle zu keinem positiven Resultat, so treten andere Untersuchungsmethoden in ihre Rechte.

So gross nun der Reichtum an speziellen Untersuchungsmethoden auf den ersten Blick erscheinen möchte, so sind wir nichtsdestoweniger heutzutage noch weit davon entfernt, den Verlauf der Faserzüge im gesamten Nervensystem genauer zu kennen. Lückenhaft sind im besondern unsere Kenntnisse vom inneren Aufbau des Gehirns, wo gewisse sehr wichtige Verbindungen, wie u. a. diejenigen einiger sensibler und motorischer Kerne des verlängerten Markes mit der Grosshirnrinde theoretisch wohl postuliert, anatomisch aber nur unvollständig oder gar nicht erkannt sind.

Die folgende Darstellung soll nur solche Nervenbahnen näher in Betrachtung ziehen, welche schon jetzt als mehr oder minder sichergestellt erachtet werden dürfen; dagegen ist hier von der Aufführung mutmasslicher Leitungen, wie sie leider in einigen Handbüchern der Nervenanatomie immer wiederkehren, gänzlich Abstand genommen worden.

Bevor wir jedoch zu einer speziellen Schilderung der verschiedenen Abschnitte des Nervensystems übergehen, erscheint es von Wichtigkeit, auf die Beziehungen zwischen Nervenfasern und Nervenzellen und damit auf die Art der Fortleitung des Nervenreizes von Nervenelement zu Nervenelement in ganz allgemeinen Zügen hinzuweisen, Verhältnisse deren Klarlegung wir in allen wesentlichen Punkten den neueren nach der Silbermethode von *Golgi* und *Ramón y Cajal* ausgeführten Arbeiten verdanken.

In erster Linie ist zu betonen, dass das Vorkommen selbständiger, isolierter Nervenfasern im Nervensystem heutzutage mehr als zweifelhaft erscheinen muss. Vielmehr sind Nervenfasern wohl allerorten und allezeit als verlängerte Fortsätze von Nervenzellen zu betrachten. Weiterhin aber darf man mit Sicherheit behaupten, dass eine Nervenfaser ausser ihrer Ursprungszelle nirgends mit Nervenzellen kontinuierlich

verbunden ist. Ein Anastomosennetz zwischen den Zellen des Centralnervensystems, sei es durch das Bindeglied der Protoplasmafortsätze nach der alten Lehre von *Gerlach*, sei es durch Vermittelung von Collateralen der Achsencylinderfortsätze (*Golgi*), giebt es offenbar überhaupt nicht, wenn man von einigen nach dieser Richtung hin vorkommenden Ausnahmen absieht, die möglicherweise sogar auf zufällige Anomalien zurückzuführen sind.*) Die Nervenzelle mit ihren Fortsätzen samt der aus ihr entspringenden Nervenfaser und ihrer Endverästelung stellt augenscheinlich ein völlig gesondertes Nervenelement, eine sog. Nerveneinheit (Neuron *Waldeyer*) vor; die Nerveneinheit ist das Grundelement im Bauplan des eigentlichen Nervengewebes; eine organische Verbindung zwischen verschiedenen Nerveneinheiten untereinander giebt es nirgends (Fig. 1).

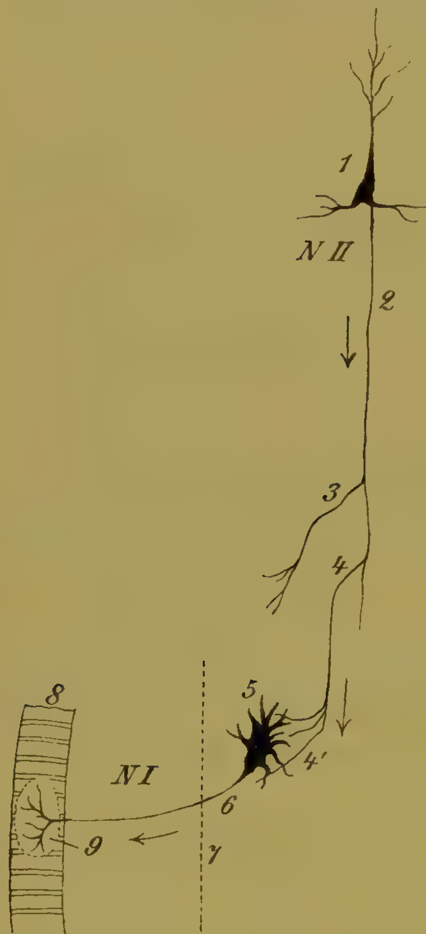



Fig. 1.

Motorische Neuren verschiedener Ordnung. *NI* periphere motorische Neura oder motorische Neura terminaler Ordnung; *NII* motorische Neura II. Ordnung; *1* Zellkörper der letzteren; *2* ihr Neurit; *3* und *4* Collateralen der Neuriten *2*; *4'* Endbäumchen der Neuriten *2*; *5* Zellkörper der Neure I. Ordnung; *6* ihr Neurit; *7* Grenze des Rückenmarkes; *8* querstreifige Muskelfaser; *9* Endbäumchen der motorischen Endplatte.

In Betreff der physiologischen Beziehungen der Nervenelemente zu einander ist weiterhin zu bemerken, dass solche Beziehungen auf verschiedene Weise zum Ausdruck gelangen. An vielen Orten verästeln sich die Enden der Nervenfortsätze in nächster Umgebung von Zellen und treten hier in partiellen Kontakt mit dem Zellkörper oder seinen Dendriten; ein solches Verhalten beobachtet man z. B. an den Enden der dorsalen Wurzelfasern in den grauen Rückenmarkssäulen. In anderen Fällen bildet die Endramifikation des Achsencylinderfortsatzes ein Geflecht, welches Körper und Fortsätze einer Nervenzelle umspinnt (Kleinhirn), oder die Endverästelung des Nervenfortsatzes der einen Zelle umfasst geflechtartig den Dendritenbaum der anderen, wie dies z. B. in den Glomeruli olfactorii der Fall ist.

---

*) Im peripheren Nervensystem sind vielleicht etwas andere Verhältnisse massgebend, indem hier an einzelnen Orten, wie in der Retina des Auges, das Vorhandensein von Zellanastomosen von einigen Autoren (*Dogiel jun.*) als zweifellos hingestellt wird. Ein auch nach dem *Golgi*schen Verfahren darstellbares Nervennetz soll ferner im sympathischen System gewisser niederer Tiere vorkommen (*Rawitsch*, Neurol. Centralbl. 1895 pag. 34).

Indem nun die Endramifikation des Nervenfortsatzes einer Zelle mit dem Körper oder den Fortsätzen einer anderen in Kontakt tritt oder auch einfach in ihrer nächsten Nähe sich ausbreitet, resultiert eine Nervenkette, welche aus zwei, drei oder mehr Einheiten bestehen kann und das bildet, was man eine Leitungsbahn nennt. Es sei hier gleich angemerkt, dass auch die Dendriten der Nervenzellen, welche von *Golgi* und seinen Schülern vorzugsweise als Nutritionsorgane aufgefasst werden, in gleicher Weise wie der Zellkörper selbst die Fortleitung nervöser Erregungen besorgen. Es erhellt ferner aus dem Gesagten dass der nervöse Impuls nicht unmittelbar von einem Nervenelement zum anderen fortschreitet, sondern es entstehen in jedem der aufeinanderfolgenden Neuronen successive neue Impulse, eine Erscheinung welche wahrscheinlich mit Differenzen der physikalischen Energie der Nervenelemente zusammenhängt.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass der Gegensatz zwischen centrifugalen und centripetalen Leitungsbahnen nicht durch die Natur der Nervenelemente, sondern durch die Richtung der Neuraxonen bedingt ist. Während letztere nämlich in den centrifugalen Bahnen eine absteigende Richtung verfolgen, ist in den centripetalen Leitungen ihr Verlauf ein aufsteigender. Daraus erklärt es sich, warum centripetale und centrifugale Bahnen in verschiedener Richtung degenerieren; denn da die von ihrer Zelle getrennte Nervenfaser zu Grunde geht, so erscheint es natürlich dass nach Durchschneidungen centrifugale Bahnen in absteigender, centripetale in aufsteigender Richtung degenerieren werden.

Wir beschränken uns hier auf diese kurzen einleitenden Bemerkungen, um am Schlusse der Lehre von den Leitungsbahnen genauer auf die berührten Fragen zurückzukommen.

Es liegt nicht im Plane des vorliegenden Handbuches, das periphere Nervensystem mit in Betrachtung zu ziehen; wohl aber erscheint es geboten mit einigen Worten auf das Gangliennervensystem und auf dessen Beziehungen zum centralen Nervensystem hinzuweisen, unter Berücksichtigung der in letzterer Zeit erschienenen Untersuchungen über dieses in vieler Hinsicht noch dunkle Gebiet der Nervenanatomie.

Das eigentliche sympathische oder Gangliennervensystem kann im wesentlichen als ein abgesprengtes Stück des Centralnervensystems betrachtet werden; wie dieses sich aus einzelnen Nervenelementen bezw. Neuronen aufbaut, welche den Nervenreiz in centrifugaler oder centripetaler Richtung fortleiten, so stellt auch der sog. Sympathikus eine Ganglienkette vor, wo Nervenelemente, sensible sowohl wie motorische, sich in verschiedener Weise aneinander anlehnen und anschliessen. Vom Centralnervensystem erweist sich der Sympathikus zu einem Teil unabhängig, während er in vielen Beziehungen mit demselben innig verknüpft erscheint.

Eine gewisse Selbständigkeit erwächst dem sympathischen System aus dem Besitz besonderer Ganglien, aus deren Zellen feinste und zum Teil marklose Fäserchen hervorgehen; seine Abhängigkeit vom übrigen Nervensystem bekundet es dadurch, dass es eine Anzahl dickerer cerebraler und cerebrospinaler Nervenfasern beherbergt, welche ihm auf der Bahn der Rami communicantes zufliessen. Die cerebrospinalen Fasern des Sympathikus sind zu einem Teil sensibler Natur, sofern sie von den inneren Körperorganen kommende Reize dem Gehirn übermitteln; grösstenteils jedoch stellen sie motorische Leitungsbahnen vor, welche vom Gehirn und Rückenmark ausgehende Impulse centrifugal zu den Sympathikusganglien und durch Vermittelung dieser weiterhin zur glatten bezw. unwillkürlichen Muskulatur und zu den drüsigen Organen sämtlicher Körpergegenden fortleiten.

Infolge des erwähnten Verhaltens der Elemente des sympathischen und centralen Nervensystems werden Erregungen, die in jenem sich entwickeln, in diesem Reflexe auslösen, und umgekehrt. Das typische Gewebselement des Sympathikus setzt sich in ähnlicher Weise wie im Centralnervensystem, aus einer Nervenzelle, ihrem Nervenfortsatz und den Emdramifikationen desselben zusammen (Fig. 2).

Vom physiologischen Standpunkte aus haben sämtliche Zellfortsätze, der Nerven- oder Achsencylinderfortsatz sowohl wie die Protoplasmafortsätze oder Dendriten, die Bedeutung von Leitungsapparaten; dort bewegt sich der Reizstrom in cellulifugaler, hier in cellulipetaler Bahn. Sämtliche Fortsätze laufen auch hier, wie im Centralnervensystem, in freie Endramifikationen aus, so zwar dass ein Verkehr der Elemente nur auf dem Wege des unmittelbaren Kontaktes resp. vermöge hinreichender Annäherung der Teile erfolgen kann, da ja eine eigentliche Kontinuität zweier Nervenindividuen nirgends vorkommt. Auch die Fasern der cerebrospinalen Nerven splittern sich im Sympathikus in freie Endbäumchen auf und können hier daher mit den Ganglienzellen ebenfalls nur nach dem Prinzip des Kontaktes in Wechselwirkung treten.

Ausser einem gestreckten Fortsatz sind die sympathischen Zellen, wie von einigen Autoren schon früher behauptet und wie neuere interessante Untersuchungen an niederen Tieren (Frosch) bestätigen, durch den Besitz eines sog. Spiralfadens ausgezeichnet. Durch Beobachtungen von *A. Smirnoff**) wissen wir, dass während der gerade Fortsatz in Gestalt eines nackten Achsencylinders auftritt und als ein in die Länge gezogener Teil des eigentlichen Zellleibes sich darstellt, der mit einer Markscheide versehene Spiralfaden in ein eigentümliches variköses

---

*) Materialien zur Histologie des peripheren Nervensystemes der Batrachier. 1891.

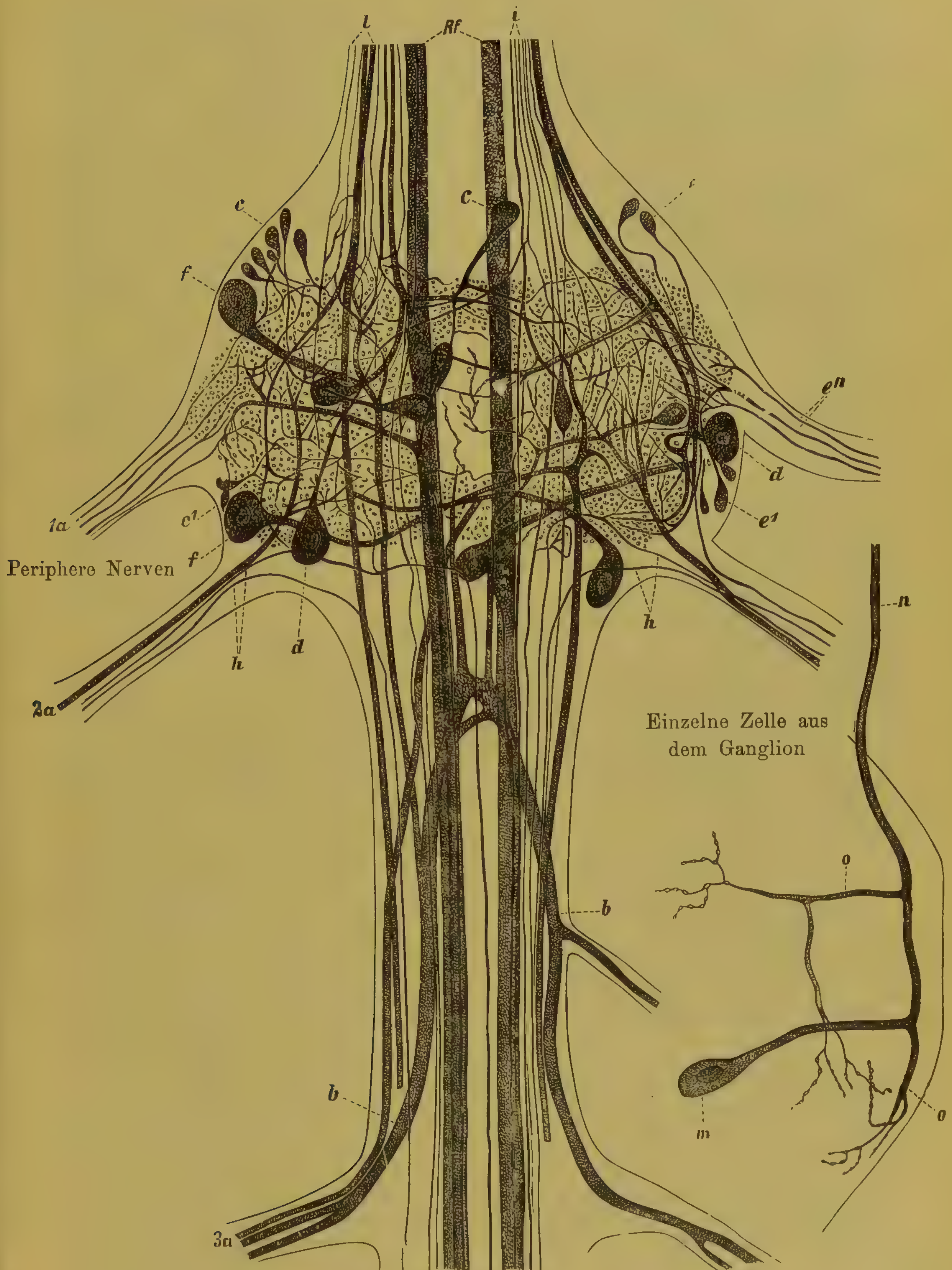



Fig. 2.

Das erste Bauchganglion von Astacus fluviatilis. Methylenblaureaktion des lebenden Gewebes; nur Nervenfasern und Nervenzellen färben sich. (Nach *Retzius*.)

pericelluläres Netz bezw. Geflecht übergeht, welches unterhalb der bindegewebigen Membran, zwischen dieser und dem Protoplasma der Zelle, seine Lage hat, ohne jedoch in die Substanz der letzteren direkt überzugehen. Durch Experimente am Frosch fand weiterhin *A. Nikolajew**), dass nach Durchschneidung des N. vagus in den Herzganglien nur der Spiralfaden mitsamt dem pericellulären Plexus degeneriert, wogegen die Ganglienzellen selbst, sowie ihre geraden Fortsätze verschont bleiben. Diese Thatsachen drängen zu der Annahme, dass der Spiralfaden eine im Centralnervensystem wurzelnde Bahn darstellt, während der gerade Fortsatz aus den sympathischen Zellen peripheriewärts zieht und zur Innervation von Muskeln Verwendung findet.

Wir finden demnach auch hier das mehrfach erwähnte Prinzip der freien Nervenendigung bestätigt, indem Fasern cerebro-spinaler Nerven vermittelst pericellulärer Endplexus die sympathischen Zellen einfach umspinnen, ohne dass von anderen, als durch Kontakt bedingten Beziehungen die Rede sein könnte.

Den Angaben von *Ramón y Cajal* zufolge finden sich ferner in den Spinalganglien sympathische Fasern, welche auf den Bahnen der Rami communicantes aus dem Grenzstrange hierher gelangen. Es sind dies zarte marklose Fäserchen, welche in der oben geschilderten Weise ebenfalls mittelst pericellulärer Geflechte, von der Zellkapsel aussen bedeckt, um die Zellkörper herum endigen. Die in Rede stehenden pericellulären Plexus in den Spinalganglien des Frosches hat *Ehrlich* schon vor *Ramón* mit Hilfe der Methylenblaufärbung kenntlich gemacht; dieselben sind zweifellos völlig analog den oben betrachteten zuerst von *Arnold* beschriebenen Geflechten um die Zellen der sympathischen Ganglien.

Durch die erwähnten Endplexus gelangt der Sympathikus, wie leicht ersichtlich, in Beziehungen zu den Intervertebralganglien. Die Analogie mit den Vagusendigungen in den Herzganglien führt zu der Annahme, dass auch hier die Leitung von Faser zu Zelle geht, und ich glaube daher die fraglichen Fäserchen als centripetale Sympathikusbahnen ansprechen zu sollen. Neben centripetalen müssen im Sympathikus auch centrifugale Bahnen verlaufen, es sind Fasern, welche mit den ventralen Nervenwurzeln das Rückenmark verlassen und ebenfalls mittelst freier Endbäumchen sich um Zellen der Sympathikusganglien aufsplittern. Endlich sind sowohl in den longitudinalen, wie in den intergangliösen Verbindungssträngen des Sympathikus Fasern anzutreffen, welche aus Zellen des einen Ganglion hervorgehen und mittelst rosenkranzförmiger Verästelungen um Zellen des anderen herum frei endigen. Von diesen letzteren Fasern ist zu erwähnen, dass sie

*) Neurolog. Anzeiger 1894 No. 4 (Original).

auf ihrer Bahn vereinzelte Kollateralästchen abgeben, durch deren Vermittelung Eine Sympathikuszelle mit mehreren anderen in Verkehr treten kann. Da endlich die Zellen der sympathischen Ganglien ausser dem Nervenfortsatz zahlreiche kürzere Protoplasmafortsätze entwickeln, welche in dem nämlichen Ganglion ihre Endausbreitung finden, so ist hierdurch noch eine weitere Quelle intercellulärer Verkehrsbahnen gegeben.

In Beziehung auf das übrige periphere Nervensystem und die sensiblen und motorischen peripheren Apparate ist zu erwähnen, dass auch hier der allgemeine Bauplan der Nervenelemente unverändert zu Recht besteht. Die Fasern der peripheren Nerven nebst ihren Ursprungszellen, welche einerseits in gewissen Hirnnervenkernen und in den grauen Vordersäulen des Rückenmarkes, andererseits in den intervertebralen und anderen in die Bahn der Nerven eingelagerten Ganglien zu suchen sind, erscheinen in derselben Weise zu Nervenindividuen verkettet, wie im centralen oder sympathischen Nervensystem.

Ich gehe nun zur speziellen Betrachtung der centralen Nervenbahnen über, möchte hier aber im Interesse der Darstellung eine kurze Übersicht über den in den folgenden Kapiteln abzuhandelnden Stoff voranstellen.

Da den Nervenfasern die Aufgabe zufällt, die verschiedenen grauen Massen der Centralorgane untereinander bezw. mit der Peripherie in Verbindung zu setzen, so wird es zweckmässig sein, bei der Schilderung der einzelnen Leitungsbahnen resp. Leitungssysteme von der grauen Substanz auszugehen. Mit Rücksicht hierauf kann die gesamte graue Substanz der Centralorgane in folgende Unterabteilungen zerlegt werden: 1. Rückenmarksgrau. 2. Graue Substanz des Gehirnstammes. 3. Graue Substanz des kleinen Gehirns nebst dessen Kernen und 4. Graue Substanz des Vorderhirns. Unter letzterer Bezeichung fasse ich die Rinde der Grosshirnhemisphären und die ihrem Wesen nach als Rindenabkömmlinge zu betrachtenden sog. Grosshirnganglien zusammen, welche als Nucleus caudatus und Nucleus lenticularis unterschieden, aber auch zusammen unter dem Kollektivnamen Corpus striatum aufgeführt werden.

Diese Einteilung der grauen Substanz kann nun als Grundlage zu einer entsprechenden Rubrizierung der centralen Nervenbahnen benutzt werden, und es wären demnach zu unterscheiden: 1. Die Leitungsbahnen des Rückenmarkes, im Zusammenhang mit denen die ventralen und dorsalen Wurzelfasern zur Darstellung gelangen. 2. Die Leitungsbahnen des Gehirnstammes, d. h. Faserzüge, die im Hirnstamm verlaufend dessen graue Massen untereinander sowie mit entfernteren Gebieten des Nervensystems verknüpfen. 3. Die Leitungsbahnen des Kleinhirns, als welche ich jene Fasermassen zusammen-

fasse, die das Kleinhirn mit dem Grau des Rückenmarkes und den Kernen des Gehirnstammes, sowie die verschiedenen Teile des Cerebellum untereinander in Verbindung setzen. 4. Die Leitungsbahnen der Grosshirnhemisphären; hierher gehören a) Faserzüge, welche die Rinde des Vorderhirns und der Rindenganglien (Corpus striatum) mit dem Rückenmark und den Kernen des Gehirnstammes verbinden und als Projektionsbahnen bezeichnet werden, und b) Faserzüge, welche einzelne Teile der Grosshirnrinde untereinander verknüpfen und als Associationsbahnen bekannt sind.

---

# II. Abschnitt.

## Von den Leitungsbahnen des Rückenmarkes.

Die graue Substanz des Rückenmarkes erstreckt sich vom Conus medullaris bis zu ihrem Übergang in die Medulla oblongata in Form einer ununterbrochenen Säule, deren Querschnitt (Fig. 3) an ein je nach dem Niveau etwas verschieden gestaltetes H erinnert. Die Nervenzellen derselben treten teils in kleineren oder grösseren Gruppen auf, teils sind sie als zerstreute Elemente anzutreffen. Im ventralen Abschnitt der grauen Substanz und speziell im Vorderhorn ist eine mediale und eine laterale Gruppe grosser Nervenzellen zu unterscheiden, welche sich durch ungemein üppige Verästelung ihrer Dendriten vor allen übrigen auszeichnen; die laterale Gruppe setzt sich in der Gegend der Intumescenzen deutlich aus einer ventralen und dorsalen Abteilung zusammen. Im dorsalen Bezirk der grauen Substanz lagert an der Basis des Hinterhorns die Zellgruppe der *Klarke*schen Säulen; es folgen weiterhin die zerstreuten Hinterhornzellen, die kleinen Nervenzellen der Substantia gelatinosa *Rolando*, eine besondere Zellgruppe im Hinterhorn unmittelbar vor der *Rolando*schen Substanz, und die sog. Randzellen des Hinterhorns.

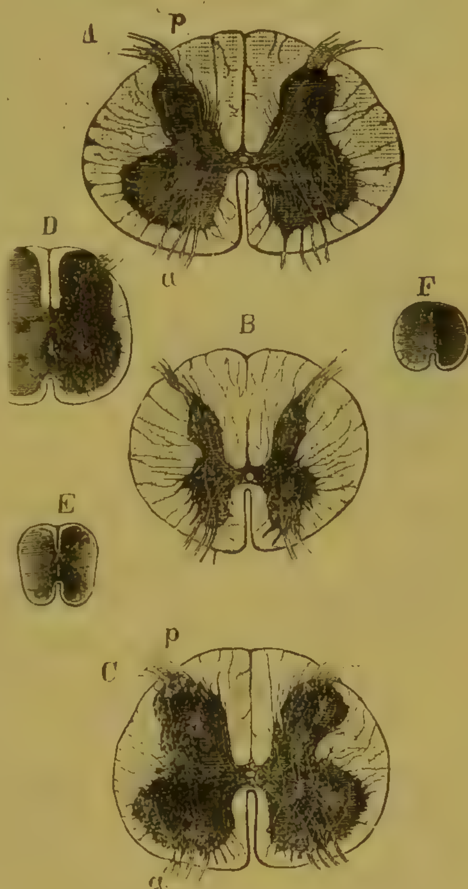



Fig. 3.

Durchschnitte durch verschiedene Abteilungen des Rückenmarkes. *A* Schnitt durch die Mitte der Halsanschwellung in der Höhe des 6. Halsnerven; *B* Schnitt durch die Mitte des Brustteiles; *C* Schnitt durch die Mitte der Lenden-Anschwellung; *D* Schnitt durch die obere Abteilung des Conus medullaris; *E* Schnitt in der Höhe des 5. Sakralnerven; *F* Höhe des Steissbeinnerven. *ABC* $^2/_1$. — *DEF* $^3/_1$ *a* vordere Nervenwurzeln; *p* hintere Nervenwurzeln.

Im mittleren Abschnitt der grauen Substanz findet man ferner auf Rückenmarksquerschnitten in der Regel einige Nervenzellen, welche eine kleine cen-

trale Gruppe bilden. Sodann ist an der Spitze des Seitenhorns entsprechend der äusseren Peripherie der grauen Substanz stellenweise eine Gruppe dicht gedrängter Zellen zu erkennen, welche manchmal als isolierte Elemente auch in den lateralen Randbezirken des Vorderhornes vorkommen; sie können nach ihrer Lage als Grenzzellen bezeichnet werden. Endlich fällt an der Peripherie der grauen Substanz dicht hinter dem Seitenhorn, zwischen diesem und dem Hinterhorn, eine kleine aber konstante Zellgruppe auf, welche ich als laterale Gruppe des Hinterhornes kennzeichnen möchte.

Es ist zu betonen, dass das Vorkommen solitärer Nervenzellen keine Besonderheit der Hinterhörner ist, sondern dass solche Elemente auch in anderen Gegenden der grauen Substanz auftreten, so u. a. in der Mittelgegend um den Centralkanal herum und im Vorderhorne, wo sie sich von den grossen Nervenzellen der lateralen Gruppe durch etwas geringere Dimensionen unterscheiden. Ja in den weissen Marksträngen und zwischen den Fasern der ventralen Wurzeln wird man hier und da vereinzelte zweifellos nervöse Zellelemente antreffen können.

Von sämtlichen im bisherigen namhaft gemachten Zellgruppen gilt nun der mit Bezug auf die Nervenzellen des Vorderhornes bereits von *Schiefferdecker* aufgestellte Satz, dass sie nicht in geschlossener Kette ununterbrochen die ganze Länge des Rückenmarkes durchlaufen, sondern eine mehr rosenkranzförmige Anordnung erkennen lassen, so zwar dass zellreiche und zellarme Abschnitte in abwechselnder Folge sich aneinander reihen. Diese Erscheinung ist, wie vergleichend-anatomische Thatsachen darthun, zweifellos der Ausdruck einer ursprünglichen segmentalen Gliederung des Markes; sie steht auch im vollsten Einklang mit den Thatsachen der Physiologie, denen zufolge im Grau des Rückenmarkes eine in der Längsrichtung fortlaufende regelmässige Reihe reflektorischer und trophischer Centra angenommen werden muss.

Aber auch hiervon abgesehen bieten die einzelnen Zellgruppen in den verschiedenen Höhen des Markes mancherlei Differenzen dar, welche ebensosehr ihre ganze Entwickelung wie ihre relative Lagerung betreffen. In besonders auffallender Weise sprechen sich die fraglichen Differenzen in dem Verhalten der Vorderhornzellen aus. In der Gegend der Anschwellungen erscheint hier sowohl die mediale, wie die laterale Gruppe in scharfer Ausprägung und gut entwickelt, wobei letztere, wie erwähnt, deutlich in zwei leicht abgrenzbare Untergruppen zerfällt. Dahingegen findet man im Halsteil des Markes bis zum III. und IV. Cervikalnerv, sowie im Brustteil vom VIII. cervikalen und I. thorakalen Nerv bis hinab zum X. Thorakalnerv an Stelle zweier lateraler Zellgruppen im Grunde nur eine einzige, und auch diese erscheint hier gleich der medialen Gruppe, mit welcher sie zudem dichter zusammenrückt, relativ schwach ausgeprägt.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass im Halsteile des Markes das Vorderhorn den Kern des spinalen Abschnittes des elften Hirnnervenpaares beherbergt; es ist dies von sämtlichen Hirnnerven der einzige, welcher wenigstens zu einem Teile im Rückenmarke endigt. Der in Rede stehende Kern setzt sich aus grossen Nervenzellen zusammen und hat oberhalb des I. Cervikalnerven etwa in der Mitte des Vorderhornes seine Lage, weiter abwärts hingegen rückt er mehr gegen den Seitenrand desselben, um hier die eigentliche laterale Zellgruppe darzustellen (Fig. 4).

Die Untersuchung des Markes mittelst des Versilberungsverfahrens nach *Golgi* und *Ramón y Cajal* ist in vorzüglicher Weise geeignet, über Verlauf und Richtung der Achsencylinder, sowie über das sonstige Verhalten der Elemente der grauen Substanz klare Bilder zu liefern. Nach dieser Richtung besitzen wir bereits eine Reihe von Arbeiten, wie diejenigen von *Golgi* und *Ramón y Cajal* selbst, ferner von *Forel*, *v. Lenhossék*, *Waldeyer*, *Kölliker*, *Lawdowski* und anderen, welche unsere bisherigen Anschauungen über den Bau des Rückenmarkes in ganz neue Bahnen gelenkt haben. Indessen ist hier die Forschung noch nicht von ferne zu befriedigenden Abschlüssen gelangt, indem zahlreiche Widersprüche bis anhin der Beseitigung harren, und ich will daher in den folgenden Ausführungen nur solche Verhältnisse einlässlicher berühren, über welche ich eigene Erfahrungen besitze, teils auf Grundlage von Untersuchungen, die ich selber, teils solcher, die die Herren *Teljatnik*, *Blumenau*, *Korolkoff*, *Giese* und andere in meinem Laboratorium ausgeführt haben.

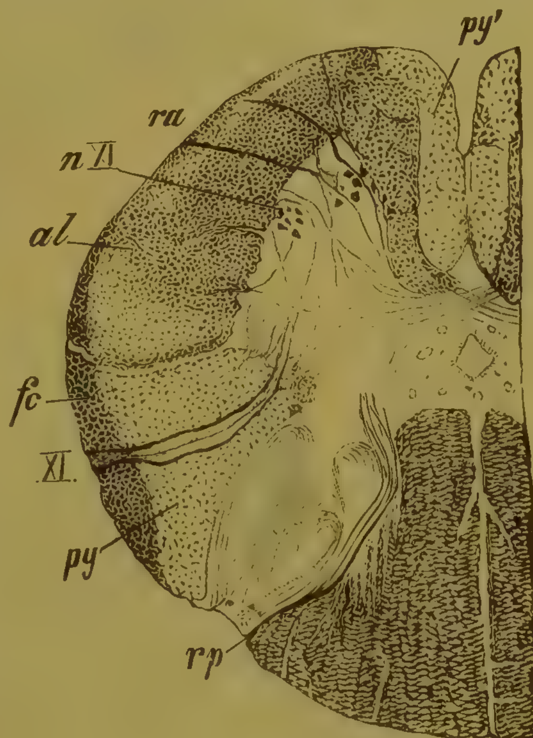



Fig. 4.
Querschnitt durch das Rückenmark eines Neugeborenen. Färbung nach *Pal*. *rp* dorsale Wurzel, *ra* ventrale Wurzel. *XI* Accessoriuswurzel. *nXI* Kern des Accessorius. *py* Pyramidenseitenstrangbahn. *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn. *al* Fasciculus antero-lateralis (*Gowers*sches Bündel). *py'* ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn.

Mit Rücksicht auf die Richtung und Verästelung ihrer Achsencylinderfortsätze können die Zellen des Rückenmarkes eingeteilt werden in 1. Wurzelzellen, 2. Kommissurenzellen, 3. Strangzellen, unter welchen sich solche mit Teilung des Achsencylinders in zwei zu verschiedenen Strängen gelangende Äste, sog. zweiseitige Strangzellen finden, 4. *Golgi*sche Zellen mit kurzem, sofort in zahlreiche Reiserchen sich aufsplitterndem Nervenfortsatz. (Fig. 5).

Die Wurzelzellen, ausgezeichnet durch ihre Grösse und den Besitz zahlreicher Dendriten, finden sich fast ausschliesslich auf das ventrale Horn beschränkt, in dessen lateralen Zellgruppen sie durch das ganze Rückenmark hindurch anzutreffen sind. Der Nervenfortsatz dieser Zellen geht unmittelbar in eine ventrale Wurzelfaser über (Fig. 5 *a*, *a'*, *a''*, siehe auch Fig. 6), ihre Dendriten dagegen erstrecken sich gewöhnlich über die Grenzen ihrer jeweiligen Zellgruppe, ja oft auch über

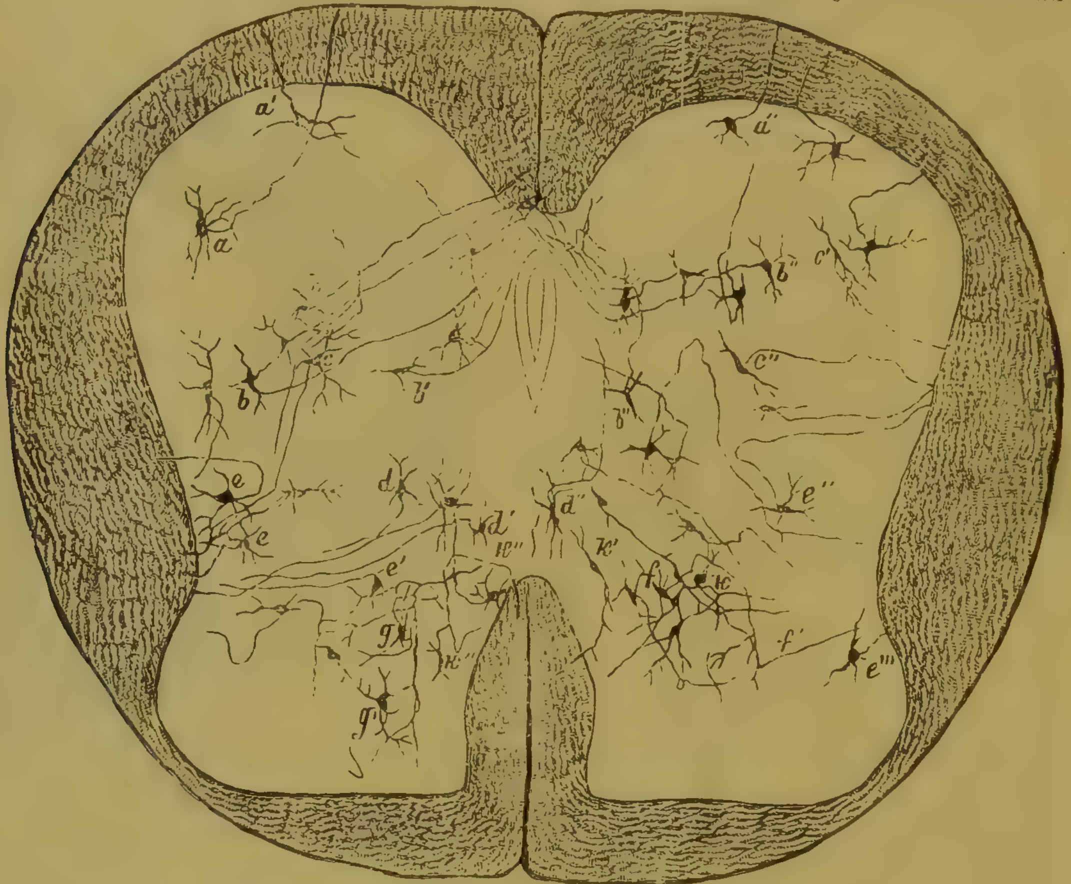


**Fig. 5.**

Darstellung der Nervenzellen und ihrer Achsencylinderfortsätze auf einem Querschnitt durch die Lendenanschwellung des Rückenmarkes von einem neugeborenen Kätzchen. Die Lage der dargestellten Zellen nebst ihren Dendriten, sowie Länge und Verlauf der Achsencylinder genau den natürlichen Verhältnissen entsprechend. Kombiniert nach Präparaten von Dr. *Blumenau*. Behandlung nach der schnellen *Golgi*schen Methode. *a*, *a'*, *a''* Wurzelzellen des Vorderhorns. *b*, *b'*, *b''* Kommissurenzellen. *c*, *c'*, *c''* Strangzellen des Vorderhorns und der mittleren Gruppe, deren Neuraxonen zum Seitenstrang ziehen. *d*, *d'* Zellen der *Klarke*schen Säule, deren Axonen in den Seitenstrang gelangen. *d''* Kommissurenzelle der *Klarke*schen Säule. *e*, *e'*, *e''*, *e'''* Seitenstrangzellen verschiedener Gebiete des Hinterhorns. *f* Hinterhornzelle mit sich teilendem Nervenfortsatz (der Ast *f'* gelangt in den Seitenstrang). *k*, *k'* Nervenzellen des Hinterhorns. *k*, *k'*, *k''* Nervenzellen am Vorderrand des „Rolando" mit geteiltem Achsencylinder, der eine Ast (*k''*) tritt in den Hinterstrang. *g*, *g'* *Golgi*sche Zellen mit verästeltem Nervenfortsatz.

die der grauen Substanz hinaus, indem sie vielfach ihre Endramifikationen in die Vorderseitenstränge oder in die vordere Kommissur entsenden, hier und da aber auch durch die inneren Teile der Vorderstränge in das contralaterale Vorderhorn gelangen (Fig. 7). Bemerkenswert ist ferner, dass es unter den Wurzelzellen des Vorderhornes auch solche giebt, deren Achsencylinderfortsatz nicht in eine ventrale, sondern in eine dorsale Wurzel eintritt; allein derartige Zellen kommen nicht

ausschliesslich in den Vorderhörnern, sondern auch in anderen Teilen der grauen Substanz vor, wenigstens habe ich sie in der Mittelzone der letzteren nicht zu selten angetroffen.

Als Kommissurenzellen werden seit der Zeit der Untersuchungen von *Ramón y Cajal* solche Nervenzellen unterschieden, deren Achsencylinderfortsatz in die Kommissur eintritt (Fig. 5 *b*, *b'* *b''*, Fig 8 *c*); jenseits der Kommissur nimmt der Fortsatz entweder unvermittelt vertikalen Verlauf an, indem er einfach aufwärts oder abwärts umbiegt und hierauf Kollateraläste gegen die graue Substanz hin entwickelt;

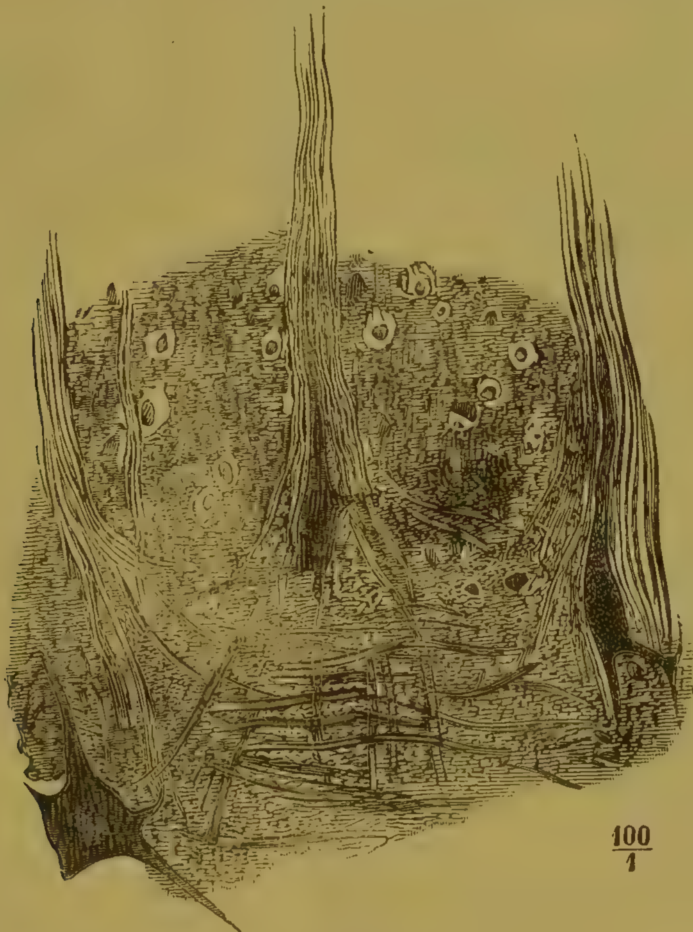



Fig. 6.

Durchschnitt durch einen Teil des Vorderhorns und die benachbarte weisse Substanz. Eintritt von Zellfortsätzen in die vorderen Wurzeln. (Nach *Henle.*)

oder aber er weicht in einen aufsteigenden und einen gleichstarken absteigenden Ast auseinander, von welchen beim Menschen zuweilen, bei Tieren aber konstant je einige Kollateralen nach den Seiten hin sich ablösen (Fig. 8 *a*, *b*). Diese Art Zellen setzt beim Menschen u. a. die mediale Gruppe des Vorderhorns zusammen, doch kommen etwas kleinere solche Elemente auch in der Umgebung des Centralkanales, in der centralen Zellgruppe, in den *Klarke*schen Säulen, ja im Hinterhorn vor.*)

---

*) *v. Lenhossék* (Der feinere Bau des Nervensystems. Berlin 1895) leugnet das Vorkommen von Kommissurenzellen im Hinterhorne, wogegen andere Autoren sie hier bei zahlreichen Tierspezies nachgewiesen haben.

Eine besondere Form der Kommissurenzellen ist dadurch ausgezeichnet, dass der Nervenfortsatz derselben sich nicht in Markstränge verfolgen lässt, sondern in der anderseitigen grauen Substanz in feinste Reiserchen zerfällt; solche Elemente können als eine besondere Varietät der *Golgi*-schen Zellen aufgefasst werden.

Als **Strangzellen** (Fig. 5 *c*, *c'*, *c''*; *d*, *d'* *d''*; *k*, *k'*, *k''*; siehe auch Fig. 8 und 9) bezeichnet man Nervenzellen, deren Axonen unmittelbar in longitudinale Fasern der Markstränge übergehen, während die Kollateralen der Axonen zur grauen Substanz zurückkehren. Der Eintritt in die Stränge erfolgt hier in ähnlicher Weise wie bei den Kommissurenzellen teils durch unmittelbare Umbiegung nach oben resp. nach unten (Fig. 8 und 9), teils nach geschehener Spaltung in auf- und absteigende Äste (Fig. 10). Solche Zellen finden sich namentlich in der Mittelzone der grauen Substanz in dem Raume zwischen Vorder- und Hinterhorn;

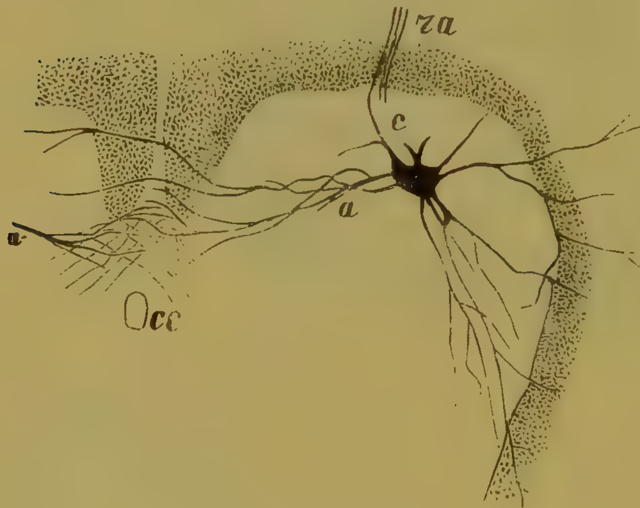



Fig. 7.

Eine Wurzelzelle des Vorderhornes, deren Dendriten in die vordere Kommissur eintreten und durch den Vorderstrang hindurch in das Vorderhorn der anderen Seite gelangen. *c* Nervenfortsatz. *a* Dendriten zur vorderen Kommissur und zum contralateralen Vorderhorn. *ra* ventrale Wurzelfasern. *cc* Centralkanal. Aus dem Rückenmark eines Kätzchens, Behandlung nach *Golgi*.




Fig. 8.

*c* Kommissurenzelle, sendet einen Fortsatz in die ventrale Kommissur hinein. *a* und *b* auf- und absteigender Ast dieses Fortsatzes, von welchen Kollateralen zu anderen Kommissurenzellen sich abzweigen. *d* ungekreuzter Fortsatz einer Kommissurenzelle, welcher Kollateralen zu Kommissurenzellen benachbarter Querschnitte entsendet.

doch kommen sie auch in den Hörnern, in der Substantia gelatinosa *Rolando* und in den *Klarke*schen Säulen*) vor (Fig. 11).

*) Als *Klarke*sche Säulen bezeichnet man in der Anatomie bekanntlich eine Zellgruppe, welche in der Nähe des medialen Teiles der Hinterhornbasis ihre Lage

Je nachdem nun, in welche Stränge des Markes die Neuraxonen der betrachteten Zellen sich fortsetzen, unterscheidet man in topographischer Beziehung Vorderstrangzellen, Seitenstrangzellen und Hinterstrangzellen. Einige Strangzellen bieten ferner die Eigentümlichkeit dar, dass ihre Neuraxonen schon innerhalb der grauen Substanz

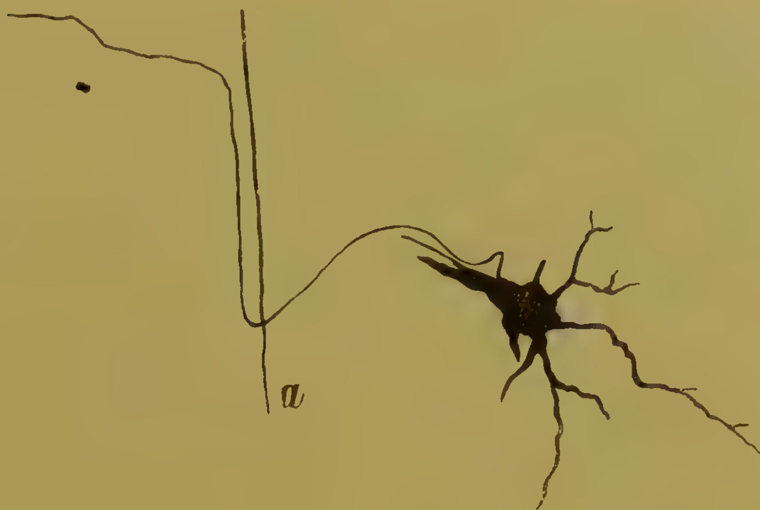



Fig. 9.
Nervenzelle, deren Achsencylinderfortsatz in den Seitenstrang eintritt. Aus einem Längsdurchschnitt des Rückenmarkes; Behandlung mit salpetersaurem Silberoxyd. *a* Grenze der grauen Substanz.



Fig. 10.
Verhalten der Nervenzellen zu den Fasern der Rückenmarksstränge. (*Edinger* nach Präparaten von *Ramón y Cajal.*)

hat und sich vom unteren Halsmark bis zum oberen Lendenmark hinzieht. Von *Stilling* sind übrigens sowohl im Hals-, wie im Lendenmarke Zellanhäufungen beschrieben worden, welche den *Klarke*schen Säulen des Brustmarkes völlig analoge Bildungen darstellen.

in zwei oder drei gleichstarke Äste zerfallen, um sodann zu longitudinalen Markfasern zu werden, so zwar dass die in Rede stehenden Äste entweder im nämlichen Strang weiter verlaufen oder in verschiedene Stränge der entsprechenden Seite eintreten oder endlich in der Weise, dass einer der Äste zu einer Faser der homolateralen Markhälfte wird, während der andere sich durch die ventrale Kommissur in den contralateralen Vorderstrang begiebt.

Es können demnach sämtliche Strangzellen mit verästeltem Nervenfortsatz je nach dem Schicksal der Hauptäste ihrer Axonen eingeteilt werden in *a*) Zellen, deren Nervenfortsatz in einem und dem nämlichen Strange verbleibt (Fig. 5 *d*, *d'*, *d''*; *e*, *e'*, *e''*; *k*, *k'*, *k''*); *b*) Zellen, deren Nervenfortsatz sich teilt und hierauf in zwei verschiedene, aber homolaterale Markstränge eintritt (Fig. 5 *f*); endlich *c*) Zellen, deren Nervenfortsatz sich teilt und einen der Teilungsäste in einen Strang der homolateralen, den anderen durch die ventrale Kommissur in einen Strang der contralateralen Markhälfte entsendet. Die letztgenannten Zellen, welche gewissermassen eine Übergangsform zwischen der Form *b*) und den Kommissurenzellen darstellen, zerfallen ihrerseits in 1. Zellen der beiderseitigen Vorderstränge, unter Übertritt eines der Teilungsäste durch die vordere Kommissur; 2. Zellen

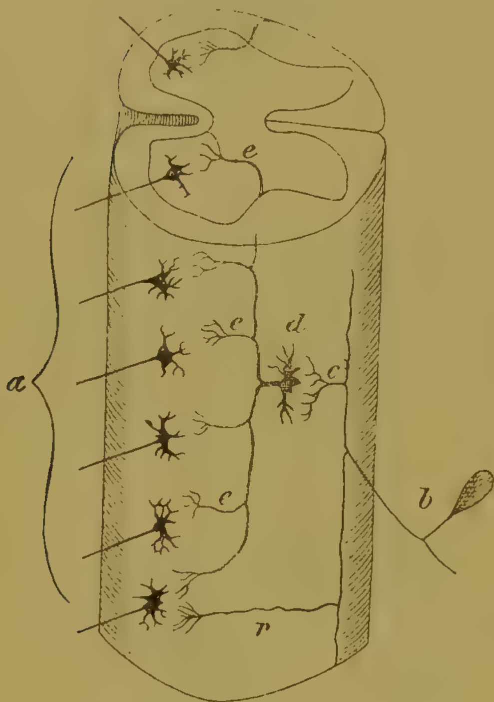



Fig. 11.

Schema der indirekten Reflexbahn, nach *Kölliker* und *Lenhossék* mit Beifügung einer direkten Reflexkollateralen. *a* motorische Zellen und Wurzelfasern; *b* Spinalganglienzellen, Ranviers T, Hinterwurzelfaser mit Bifurkation und auch absteigende Stammfaser; *c* eine sensible Kollaterale; *d* Strangzelle mit T-förmig geteiltem Nervenfortsatz; *e* dessen Kollateralen, die zu den motorischen Zellen Beziehungen eingehen; *r* Reflexkollaterale des direkten Reflexbogens.



Fig. 12.

Nervenzelle vom *Golgi*schen Typus mit verästeltem Nervenfortsatz aus der mittleren Zellgruppe der grauen Substanz des Rückenmarkes. Der aus der Basis der Zelle austretende Nervenfortsatz ist blass gehalten. Nach einem Präparat von *Dr. Blumenau.* Silbermethode.

des Seitenstranges der einen und des Vorderstranges der anderen Seite, und 3. Zellen des gleichseitigen Hinterstranges und des anderseitigen Vorderstranges. Die räumliche Verteilung der genannten Zellelemente lässt bei Anwendung der *Golgi*schen Methode eine gewisse, wenn auch keine ganz strenge Gesetzmässigkeit erkennen. Den in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von *Blumenau* und *Giese* zufolge nehmen die Wurzelzellen den ventrolateralen Abschnitt des Vorderhorns ein. Kommissurenzellen finden sich vorwiegend im medialen Teil des Vorderhorns und der Grenzschicht der grauen Substanz, doch kommen solche Elemente auch in den *Klarke*schen Säulen vor. Seitenstrangzellen sind namentlich im Hinterhorn und im lateralen Teil der Grenzschicht zahlreich vertreten. Das Verbreitungsgebiet der Hinterstrangzellen endlich liegt im Hinterhorn und in den *Klarke*schen Säulen.

Was die Nervenzellen mit kurzem Achsencylinderfortsatz oder die sog. *Golgi*schen Zellen anbetrifft, so unterscheiden sie sich von den bisher geschilderten Elementen dadurch, dass ihre kurzen Neuraxonen meist in unmittelbarer Nähe der Zellkörper, in jedem Falle aber noch innerhalb der Grenzen der grauen Substanz in feinste baumförmige Endigungen sich auflösen, deren Üppigkeit hier gegen die verhältnismässig wenig verästelten Dendriten ausserordentlich kontrastiert (Fig. 12). Beim Menschen sind solche Zellen (Fig. 5 *g*, *g'*) besonders zahlreich in den Hinterhörnern und speziell in dem Raume zwischen *Rolando* und *Klarke*schen Säulen. Da sie durch die feinen Endreiser ihrer Axonen mit zahlreichen Nervenelementen in Kontakt treten, so liegt die Bedeutung dieser Zellgebilde offenbar in einer funktionellen Association ganzer Zellreihen; man kann sie daher wohl auch als Associations- oder Vermittelungszellen bezeichnen. Erwähnt sei hier noch, dass nach *v. Lenhossék* in den Hinterhörnern Übergangsformen zwischen *Golgi*schen und gewöhnlichen Strangzellen vorkommen, wo der eine Teilast des Nervenfortsatzes sich wie der Achsencylinder einer *Golgi*zelle verhält, während der andere zu einer Längsfaser der Hinterstränge wird.*)

Im Anschluss hieran lasse ich einige Bemerkungen über die Nervenzellen der sog. Substantia gelatinosa *Rolando* folgen.

In diesem Rayon der grauen Substanz kommen Kommissurenzellen allem Anscheine nach gar nicht vor, dagegen sind hier Strangzellen in Massen vorhanden. Was *Golgi*sche Zellen betrifft, so gehören sie im eigentlichen *Rolando* nicht zu den regelmässigen Befunden, wie gewöhnlich angenommen wird, vielmehr sind sie viel häufiger in anderen Regionen des Hinterhorns, in besonderer Reichhaltigkeit aber wie erwähnt in der Gegend dicht vor dem *Rolando* zu beobachten.

Von den Strangzellen der *Rolando*schen Substanz sind als beson-

---

*) *v. Lenhossék*, a. a. O. S. 374.

ders charakteristische Elemente Spindelzellen hervorzuheben, welche durch ihre ausserordentlich geringe Grösse auffallen. Der spindel- oder birnförmige Körper dieser Zellen liegt meist in dorsoventraler Richtung und entsendet sehr zahlreiche Dendriten, die sich radiär miteinander verflechten; der Achsencylinderfortsatz zweigt sich in der Regel vom dorsalen Zellende ab und tritt zumeist in den Hinterstrang ein. Ausser Spindelzellen giebt es im *Rolando* und in seiner Umgebung Grenzzellen von Spindel- oder Dreiecksgestalt und ziemlich beträchtlicher Grösse; ihr Nervenfortsatz geht ventralwärts ab und wendet sich, nachdem er in der *Rolando*schen Substanz einige Kollateralen entwickelt, nach aussen, um in den dorsalen Abschnitt des Seitenstranges überzugehen. In der Nähe der Hinterhornspitze treten endlich sternförmige Elemente auf; die Dendriten dieser Zellen verlieren sich zumeist in der *Rolando*schen Substanz, während ihre Axonen teils ebenfalls in letztere eindringen, teils aber medianwärts in die *Burdach*schen Stränge oder lateralwärts in die sog. Randzone sich begeben.

In Beziehung auf die physiologische Bedeutung der einzelnen Zellgruppen des Rückenmarkes weisen unsere Kenntnisse noch vielerlei Lücken auf. Ohne auf die verschiedenen von der Physiologie angenommenen Rückenmarkscentra näher einzugehen, bemerke ich nur, dass die grossen Wurzelzellen der Vorderhörner zweifellos motorische Elemente darstellen, welche den von ihnen entspringenden Nervenfasern und den von letzteren innervierten Muskeln gleichzeitig als trophische Centra dienen. Die sonstigen Zellen, welche ihren Nervenfortsatz in die vorderen Wurzeln eintreten lassen, wie z. B. diejenigen des Seitenhorns, besorgen höchstwahrscheinlich durch Vermittelung sympathischer Fasern die Innervation der glatten Muskulatur der inneren Organe (*Gaskell*).

Die ventro-mediale Zellgruppe enthält, wie wir sahen, keine Wurzelzellen, sondern Kommissurenzellen und kann daher keine direkte motorische Bedeutung haben, sondern dient offenbar zur Übermittelung von Reizen auf Zellen der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte. Eine ähnliche Rolle fällt zweifelsohne auch den übrigen Kommissurenzellen des Markes zu. Was aber jene Nervenzellen betrifft, an welche sich dorsale Wurzelfasern mittelst ihrer Endbäumchen oder Kollateralen anschliessen, so markieren dieselben augenscheinlich Etappen der mit den dorsalen Wurzeln zum Rückenmark gelangenden centripetalen Leitungsbahnen und haben daher die Bedeutung sensibler bezw. reflektorischer Centra.

Über die Beziehungen der einzelnen Zellgruppen zur Innervation bestimmter Muskelgruppen lassen pathologische Beobachtungen im einzelnen erkennen, dass beim Menschen die für den Plexus brachialis bestimmten Zellgruppen sich vom oberen Ende des vierten Halssegmentes

bis zum unteren Rande des ersten Brustsegmentes erstrecken, und dass von den oberen die Scapula- und Schultergegend, von den unteren der Vorderarm und die Hand innerviert werden. Die Zellen für die Flexoren finden sich mehr lateral und tiefer als die für die Extensoren. Die Centra der Rückenmuskulatur liegen im inneren Teil des Ventralendes

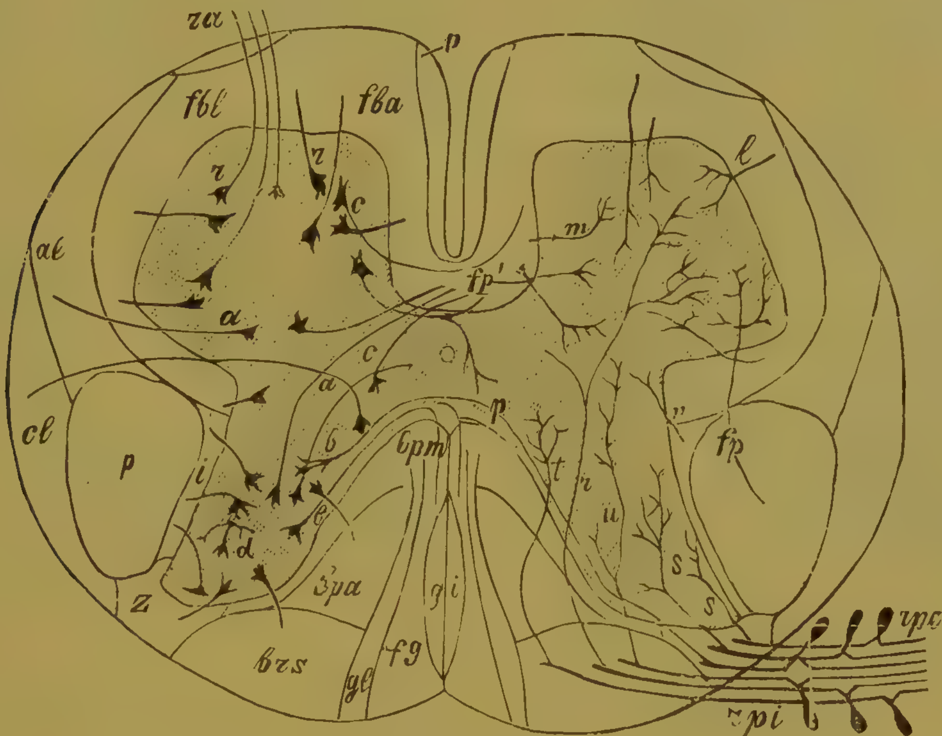



Fig. 13.

Schema des Ursprunges und der Endigung der Nervenwurzeln in der grauen Substanz des Rückenmarkes und der Verteilung der Nervenzellen in letzterer. *rpe* laterale hintere Wurzeln. *rpi* mediale hintere Wurzeln. *p* (in der Mitte der Figur) Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser welche durch die dorsale Kommissur auf die andere Seite tritt. *t* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur *Klarke*schen Säule. *r* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zum Vorderhorn. *u* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur centralen grauen Substanz bezw. zur centralen Zellgruppe des Rückenmarkes. *s* Kollateralen hinterer Wurzelfasern zum Hinterhorne. *n* eine Faser der Grenzschicht, in der grauen Substanz endend. *fp*, *fp'* Fasern aus dem ventralen und lateralen Pyramidenstrange zu Zellen des Vorderhornes. *l* eine Faser aus dem Grundbündel des Seitenstranges und *m* eine solche aus dem Grundbündel des Vorderstranges nach ihrem Eintritt in die graue Substanz. *c, c* Kommissurenzellen. *r*, *r* Wurzelzellen. *a*, *a* Seitenstrangzellen. *b, b* Zellen der Hinterstränge. *d* *Golgi*sche Zelle mit kurzem Nervenfortsatz. *fg* zarter oder *Goll*scher Strang. *gi* am dorsalen Septum angrenzender Teil des *Goll*schen Stranges. *gl* Zwischenschicht; *brs*, *bpa, bpm* hinterer, mittlerer und vorderer Abschnitt des *Burdach*schen Stranges. *Z* äusseres Wurzelgebiet (Randzone). *p* (links) Pyramidenseitenstrang. *p'* Pyramidenvorderstrang. *cl* Kleinhirnseitenstrang. *al* *Gower*sches Bündel oder Fasciculus antero-lateralis. *i* mediales Bündel des Seitenstranges. *fbl* Grundbündel des Seitenstranges. *fba* Grundbündel des Vorderstranges. *ra* ventrale Wurzeln.

des Vorderhorns (*Kaiser*). Die Muskeln des Thenar werden von Zellen der lateralen Gruppe des untersten Halsmarkes innerviert (*Prevost* und *David*). In der Lendenanschwellung ist die mittlere Zellgruppe im Niveau der 4—5 Lumbalwurzel für die Wadenmuskulatur bestimmt (*Kahler* und *Pick*). Die Ursprungszellen des Nervus ischiadicus und cruralis finden sich oberhalb des untersten Endes der Lendenanschwellung; das Centrum für den M. tibialis anticus ist dem Ursprung des Nerv

Fig. 14.

Querschnitte durch das Rückenmark eines Neugeborenen. *A* aus dem Sakralmark, *B* aus dem Übergangsteil zwischen Lendenanschwellung und Brustmark, *C* aus dem Brustteil, *D* aus der Halsanschwellung.

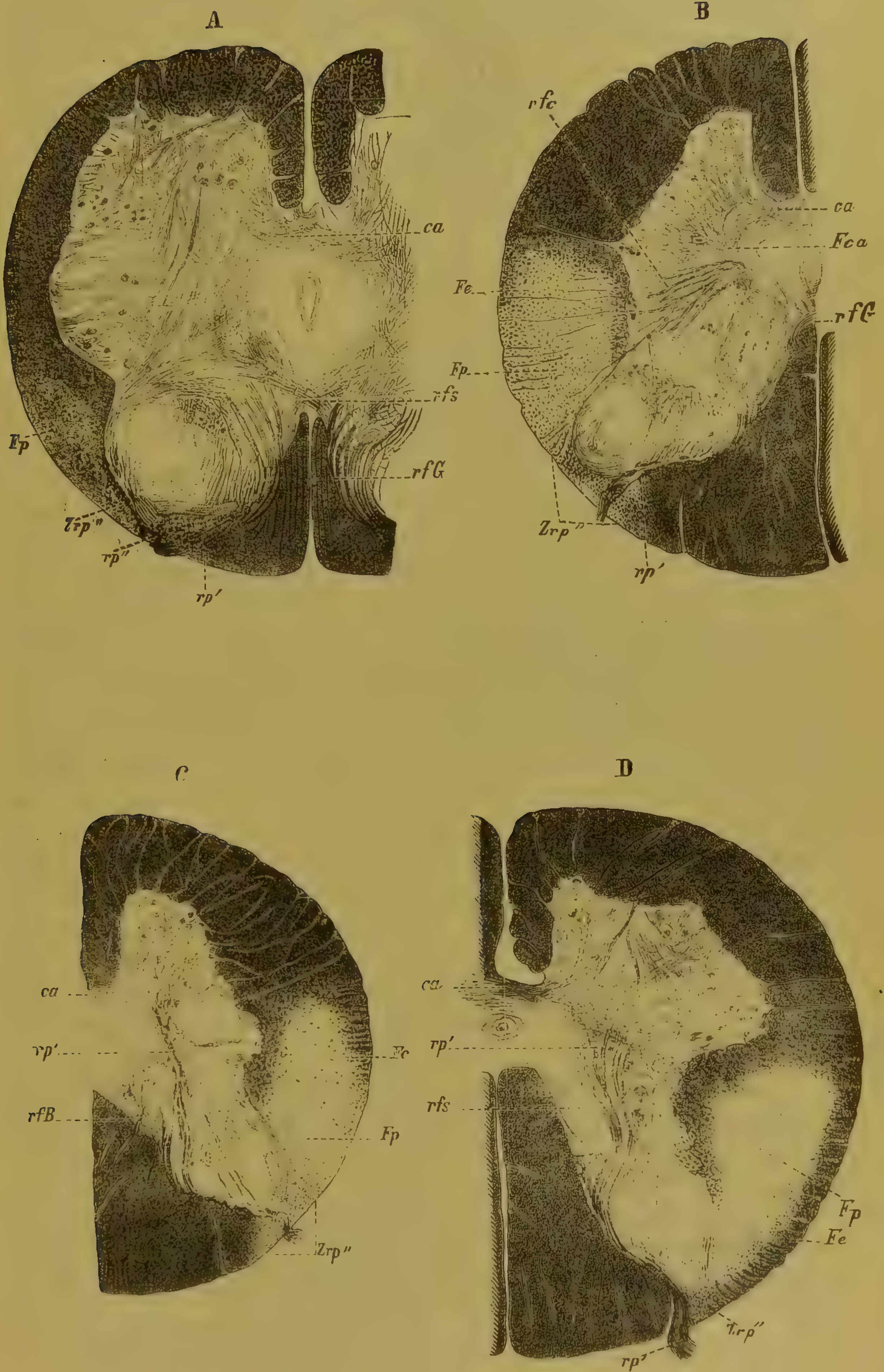
*ca* ventrale Kommissur; *Fp* Pyramidenseitenstrang; *Fe* direktes Kleinhirnbündel; *rp'* gröbere mediale Wurzelfasern, *rp''* feinere laterale Wurzelfasern; *Zrp''* äusseres Wurzelgebiet oder Randzone; *rfc* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zum Kleinhirnbündel; *Fca* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur ventralen Kommissur; *rfB* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zum *Burdach*schen Strang; *rfs* Fasern aus den zerstreuten Zellen des Hinterhornes zur dorsalen Kommissur (als centrale Fortsetzung der einen lateralen Hinterwurzelfasern); *rfG* Fasern aus den zerstreuten Zellen des Hinterhornes zum *Goll*schen Strang (centrale Fortsetzung der feinen lateralen Hinterwurzelfasern). Färbung nach *Weigert*.

cruralis benachbart (*Schultze*). Die Centra für die Harnblase und das Rectum endlich haben im oberen Sacralmark ihre Lage.

Die hinteren Wurzeln sind — mit Ausnahme ihrer centrifugalen Elemente, die höchstwahrscheinlich für die Innervation der Gefässe von Bedeutung sind — ausschliesslich zur Fortleitung sensibler Erregungen bestimmt. Zwischen ihnen und den sensiblen Körpergebieten besteht ein ähnliches Verhältnis, wie zwischen den motorischen Wurzeln und den einzelnen Muskelgruppen, mit der Einschränkung allerdings, dass die sensiblen Wurzeln nicht direkt aus denselben Marksegmenten heraustreten, in welchen sie ihre Endigung haben. Beachtenswert erscheint der Umstand, dass ein gegebenes Hautgebiet nicht von einer, sondern von mehreren Wurzeln aus versorgt wird.

Das Studium des Faserverlaufes in der grauen Substanz des Rückenmarkes wird vor allem durch Behandlung der Durchschnitte mit Farbstoffen und anderen chemischen Mitteln gefördert, jedoch ist hierbei in manchen Punkten auch die Untersuchung der Entwickelung und der sekundären Degenerationen von grossem Nutzen. Die Behandlung der Präparate mit Goldchlorid nach *Gerlach* und *Freud* oder mit Hämatoxylin nach *Weigert* und *Pal*, sowie die Imprägnierung durch Silbersalpeter nach *Golgi* und *Ramón y Cajal* sind die souveränen Methoden. Zur Untersuchung ist immer das kindliche oder foetale Mark zu bevorzugen, insbesondere weil die daraus angefertigten Durchschnitte mit den erwähnten Farbenreaktionen bessere Bilder ergeben, als solche aus dem erwachsenen Rückenmark; und da weiterhin die Fasern der Wurzeln und der grauen Substanz sich in verschiedenen Perioden des foetalen und infantilen Lebens entwickeln, so wird man an derartigen unentwickelten Rückenmarken auf Grundlage der Farbstoffreaktionen einzelne Fasersysteme mit Leichtigkeit von der Umgebung zu trennen imstande sein.

Was die sekundären Degenerationen anlangt, so ist ihre Untersuchung von höchster Wichtigkeit bei der Frage nach dem Schicksal der dorsalen Wurzelfasern. Seit *Wallers* klassischen Untersuchungen, deren Ergebnisse ich auf Grundlage eigener Erfahrungen als zutreffend bestätigen kann, weiss man dass nach Durchschneidung einer dorsalen


A
ca
rfs
rfG
Fp
Zrp''
rp''
rp'
B
rfc
ca
Fca
Fe
rfG
Fp
Zrp
rp'
C
ca
rp'
Fc
rfB
Fp
Zrp''
D
ca
rp'
rfs
Fp
Fe
Zrp''
rp'

Wurzel zwischen Rückenmark und Spinalganglion der peripherische Abschnitt der Wurzel keine Veränderungen erleidet, wogegen im centralen aufsteigende Degeneration zur Entwickelung kommt. Verfolgt man sonach die hinteren Wurzelfasern an der Hand der aufsteigenden Degeneration im Rückenmarke, so wird man zu ihren centralen Endigungen in der grauen Substanz gelangen können.*)

Die Schilderung des Faserverlaufes in der grauen Substanz beginne ich mit der Betrachtung des allendlichen Schicksales der hinteren Wurzeln.

Die ungeheure Mehrzahl der hinteren Wurzelfasern stellt, wie vor allem zu bemerken ist, nichts anderes vor als centrale Äste der T-förmig sich teilenden Fortsätze der Spinalganglienzellen, während die peripheren Äste der letzteren in den gemischten Nervenstämmen peripheriewärts ziehen. Diese Thatsache stützt sich nicht allein auf histiologische Untersuchungen, sondern ebenso auf solche der Degenerationen, indem nach Durchschneidung eines peripheren Nerven unterhalb des Ganglion die *Waller*sche Degeneration nur im absteigenden Nervenstück beobachtet wird, während der mit dem Ganglion in Verbindung gebliebene Teil des Nerven keine derartigen Erscheinungen darbietet, wenn man von den oben erwähnten nur allein die Markscheide betreffenden Veränderungen absieht; wird hingegen die dorsale Wurzel durchschnitten, so entartet wie wir sahen die Mehrzahl der Fasern des centralen Wurzelabschnittes, der periphere Stumpf aber entgeht der Degeneration mit Ausnahme einiger Fasern, welchen das Ganglion auf ihrer Bahn zur Peripherie nur als Durchgangspunkt dient. Diese letzteren, von welchen an einer früheren Stelle bereits die Rede war, erweisen sich als absteigend degenerierende dorsale Wurzelfasern, welche als Nervenfortsätze aus Zellen der grauen Substanz hervorgehen. Die dorsalen Wurzeln setzen sich demgemäss nicht ausschliesslich aus centripetalen bezw. sensiblen Fasern zusammen, sondern enthalten, allerdings in ungleich geringerer Anzahl, auch centrifugale Bestandteile, welche wie gesagt aus der grauen Rückenmarkssubstanz hierher gelangen und sich weder teilen, noch auch mit Zellen der Spinalganglien in nähere Beziehungen treten.

Die Zellen der Spinalganglien, welche den obigen Ausführungen zufolge zweifellos als Ursprungsstätte der hinteren Wurzeln zu betrachten sind, erscheinen bei niederen Tieren und während der foetalen

*) Wie erwähnt weisen neuere Untersuchungen darauf hin, dass nach Durchschneidung eines peripheren Nerven nicht nur an dessen peripherem Segment Veränderungen auftreten, sondern dass auch, höchst wahrscheinlich infolge Wegfallens der physiologischen Reize, der centrale Verlauf des Nerven in Mitleidenschaft gezogen wird. Die Veränderungen im centralen Nervenabschnitte betreffen jedoch nur die Markscheide, während der Achsencylinder von der Degeneration ausgeschlossen bleibt.

Periode auch bei den höheren als bipolare Gebilde, welche an beiden einander entgegengesetzten Polen je einen Fortsatz entwickeln (Fig. 15). Bei den höheren Tieren rücken die Fortsätze immer mehr zusammen, um schliesslich mit ihren Wurzeln vollständig zu verschmelzen und zu einem T-förmig sich teilenden einfachen Fortsatz zu werden. In bestem Einklang mit diesem Verhalten steht auch die nach den berühmten Ermittelungen von *His* aufgedeckte Thatsache, dass die Spinalganglien beim Embryo bereits vor dem Verschluss der Medullarrinne sich von der Medullaranlage entfernen und als in der Substanz der Urwirbel

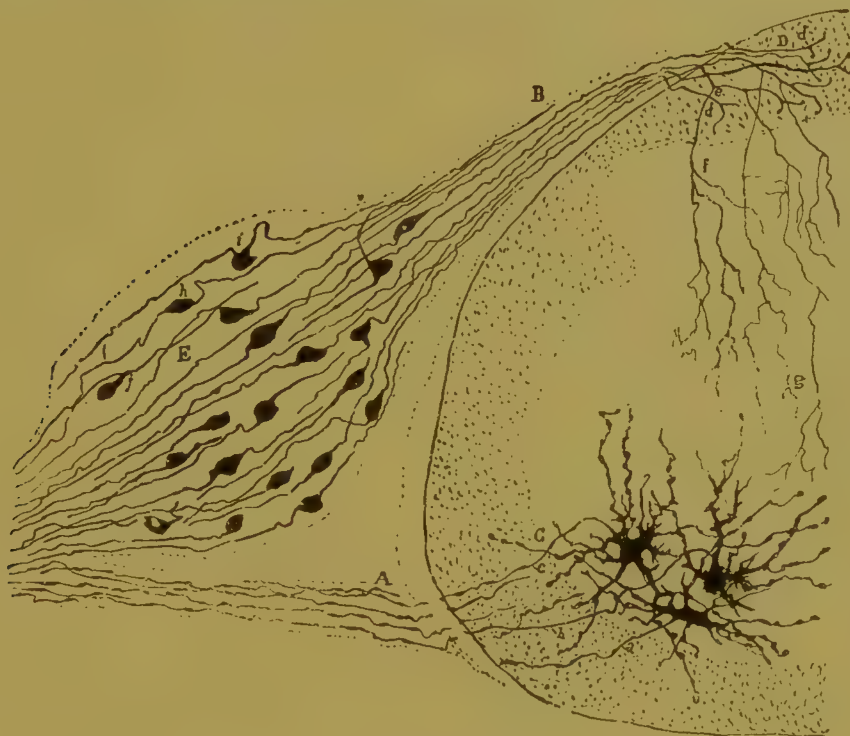



Fig. 15.

Querschnitt des Thorakalmarkes eines Hühnerembryo vom neunten Bruttage. *A* radix anterior; *B* radix posterior; *C* motorische Nervenzellen; *c* Neurit einer motorischen Nervenzelle; *D* intramedullärer Teil der hinteren Wurzel; *e* Ursprung einer Kollateralen, die sich nach *f* verzweigt; *g* letzte Reiser der radikulären Kollateralen; *d* Bifurkationsstellen; *E* Ganglion spinale; *h* bipolore Ganglienzelle; *i* eine andere bipolare Ganglienzelle, welche der Säugetierform (*j*) ähnlich ist. (Nach *Ramón y Cajal.*)

liegende Anhängsel des primären Markes erscheinen, welche mit letzterem nur durch einen Strang verbunden sind. Von diesen Anhängseln den späteren Spinalganglien, wachsen dann allmählich Nervenfasern in das junge Rückenmark hinein und erzeugen hier den grössten Teil der Hinterstränge.

Ein durchaus analoges Verhalten, wie die dorsalen Wurzelfasern zeigen aber auch die übrigen sensorischen Nerven, wie der Opticus, Acusticus u. s. f., indem sie gleich jenen beim Embryo von der Peripherie (Retina, Ganglion spinale, oticum etc.) zum Centrum hin auswachsen.

Es unterliegt ferner keinem Zweifel, dass die hinteren Wurzeln

eine ganz andere topographische Anordnung haben als die peripheren Nerven. In jeden peripheren Nerv gelangt eine ganze Reihe von Fasern, welche verschiedenen Wurzeln entstammen, und es ist sehr gut denkbar, dass funktionell zusammengehörende Muskeln, die von verschiedenen Nervenstämmen innerviert werden, ihre Fasern dennoch von der nämlichen Wurzel aus beziehen. Der Austausch verschiedenen Wurzeln entstammender Fasern erfolgt einerseits in den Geflechten, andererseits in den Nervenstämmen selbst, welch letztere demnach in gewissem Sinne gleichfalls Geflechte darstellen (*Edinger*).

Bei den höheren Tieren und beim Menschen vollzieht sich die Entwickelung der dorsalen Wurzelfasern in sehr weit auseinanderliegenden Zeiten. Am frühesten ummarken sich jene Fasern, welche in den *Burdach*schen Strang oder die innere Wurzelzone (Fig. 13 *rpi*, Fig 14 *rp'*) und zum Teil durch die Spitze des Hinterhorns direkt in die graue Substanz eintreten; am spätesten dagegen erfolgt die Markscheidenentwicklung derjenigen Wurzelfasern (Fig. 13 *rpe*, Fig. 14 *rp''*) welche zu Bestandteilen des äusseren Wurzelgebietes oder der Randzone (Fig. 13 *Z*, Fig. 14 *Zrp''*) werden; in der Zwischenzeit entwickeln sich die Markscheiden der übrigen Fasern der hinteren Wurzeln.*)

Die soeben unterschiedenen Faserkategorien sind schon unmittelbar vor ihrem Eintritt in das Mark als gesonderte Bündel zu erkennen, jedoch erscheinen hier jüngere und ältere Fasern noch mehr oder weniger innig unter einander gemischt.

Die Mehrzahl der Fasern des sich früher ummarkenden Bündels wendet sich nach seinem Eintritt in das Rückenmark sofort medianwärts und gelangt in die *Burdach*schen, zum Teil aber auch in die im Lendenmark zuerst auftretenden *Goll*schen Stränge; ein kleinerer Teil erreicht durch die Spitze des Hinterhornes und weiterhin durch den medialen Abschnitt der Substantia gelatinosa direkt die graue Substanz.

Was das später markhaltig werdende Bündel anlangt, so wendet sich ein beträchtlicher Teil seiner Fasern, welcher beim Entritt in das Rückenmark lateral vom vorigen zu liegen kommt, zum äusseren Wurzelgebiet bezw. zur Randzone, nimmt hier vertikalen Verlauf an und dringt sodann früher oder später in das Hinterhorn ein. Diejenigen Fasern endlich, welche entwickelungsgeschichtlich zwischen den genannten

*) Nach der früher allgemein angenommenen Lehre *v. Kupffers* sollen die dorsalen Wurzeln sich überhaupt später entwickeln als die ventralen. Die Untersuchung der Markscheidenentwickelung beweist aber zur Evidenz, dass ein gewisser Teil der dorsalen Wurzeln zu der Zeit des ersten Auftretens von Markscheiden in den ventralen bereits myelinhaltig ist. Die Umscheidung der jüngsten dorsalen Wurzelfasern findet ihren Abschluss allerdings zu einer Zeit, wo die ventralen Wurzeln bereits vollständig markweiss erscheinen.

beiden Bündeln liegen, erreichen teils das Hinterhorn unmittelbar durch dessen Spitze oder durch die nachbarliche graue Substanz, teils begeben sie sich in den Hinterstrang.*)

Die einzelnen Bündel der hinteren Wurzeln unterscheiden sich jedoch nicht nur durch die Zeitfolge ihrer Entwickelung, sondern auch durch die Mächtigkeit ihrer Fasern. Das ältere Bündel setzt sich aus recht groben Fasern zusammen, während die jüngeren aus verhältnismässig feinen Elementen bestehen.

Im folgenden wollen wir das frühzeitig entwickelte Bündel kurzweg als mediales, das spät entwickelte als laterales Bündel der hinteren Wurzel bezeichnen.**)

Bezüglich der weiteren Einzelheiten des Verlaufes der hinteren Wurzeln gewinnt man ausserordentlich klare Bilder durch Versilberung von Rückenmarksdurchschnitten nach *Golgi* und *Ramón y Cajal*, sowie durch Färbung derselben nach dem Verfahren von *Weigert* und *Pal*.

An Silberpräparaten ist unschwer zu erkennen, dass die Mehrzahl der dorsalen Wurzelfasern nach ihrem Eintritt in das Mark in längere aufsteigende und kürzere absteigende Äste sich teilt; jene sind gleichzeitig stärker als diese (Fig. 16). Beide Teilungsäste verlaufen eine Strecke weit in den Hintersträngen bezw. in der Markbrücke und wenden sich sodann einwärts zur grauen Substanz, wo sie mittelst feinster pinsel- oder baumförmiger Ramifikationen in nächster Umgebung von Nervenzellen endigen (Fig. 16 *d*, Fig. 30). Die aufsteigenden Äste sind meist von ungleicher Länge: ein Teil derselben erhebt sich in den Hintersträngen bis zur Medulla oblongata, ein anderer endigt in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes. Die absteigenden Äste hingegen sind grösstenteils von kurzem Verlauf.

Die absteigenden sowohl wie die aufsteigenden Äste entsenden in verschiedener Höhe, in der Regel entsprechend den *Ranvier*schen Schnürringen, kürzere oder längere Kollateralen, welche in die graue Substanz eindringen und hier pinsel- oder baumförmig endigen (Fig. 16 *b*, *c*, *e*). Auch der Stamm der hinteren Wurzelfaser entwickelt vor seiner Teilung im Rückenmark 1—3 feine Kollateralästchen.

---

*) Ein Teil der hinteren Wurzelfasern, insbesondere aber der beiden oben geschilderten Bündel, geht, wie im folgenden gezeigt werden soll, nach seinem Eintritt in das Hinterhorn in einen dichten Filz feinster Fäserchen über, welcher unmittelbar vor dem *Rolando* seine Lage hat (plexus substantiae *Rolandoi*). Nach Durchschneidung dorsaler Wurzeln tritt stets ausgesprochene Atrophie dieses Fasergeflechtes ein, wie Versuche von *Zeleritzki* in meinem Laboratorium dargethan haben.

**) Die hier durchgeführte Einteilung der hinteren Wurzel entspricht, wie aus der Beschreibung ohne weiteres hervorgeht, nicht ganz der üblichen Trennung derselben in ein inneres und äusseres Bündel.

Von den Teilungsästen und Kollateralen der hinteren Wurzeln ist zu bemerken, dass sie sämtlich als markhaltige Fäserchen erscheinen; nur ihre Endverästelungen sind marklos.

In ganz analoger Weise verhalten sich die Endigungen eines grossen Teiles derjenigen Fasern, welche durch die mediale und laterale Wurzelzone direkt zur grauen Substanz gelangen; vor ihrem Eintritt in das Hinterhorn entwickeln sie auf- und absteigende Kollateralen, welche in anderen Ebenen zur grauen Substanz umbiegen.

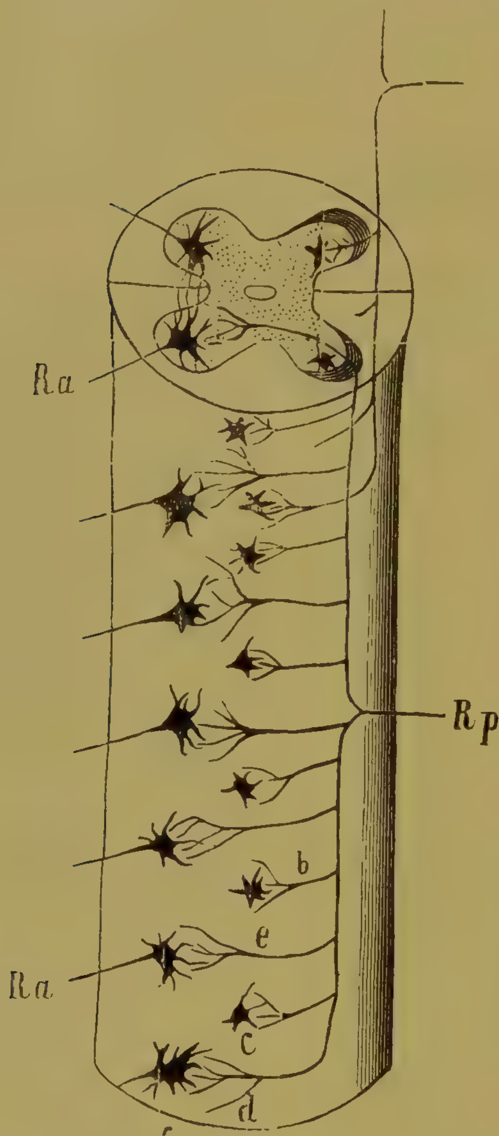



Fig. 16.

Schema der Verästelung der dorsalen Wurzeln nach *Ramón y Cajal*. *Ra* ventrale Wurzel; *Rp* dorsale Wurzel; *f* grosse motorische Zelle des Vorderhorns; *c* Kommissurenzelle; *d* Endbäumchen einer dorsalen Wurzelfaser; *e*, *b* längere und kürzere Kollateralen dorsaler Wurzelfasern.

Zu betonen ist, dass die Endbäumchen der Teilungsäste der hinteren Wurzeln und ihrer Kollateralen zu den Zellen der grauen Substanz, an welche sie herantreten, lediglich in unmittelbaren oder mittelbaren Kontaktbeziehungen stehen.

Die Untersuchung des Markes nach den oben namhaft gemachten Methoden führt demnach zu dem Ergebnis, dass die Hinterstränge im wesentlichen aus auf- und absteigenden Ästen der dorsalen Wurzeln und aus Kollateralen solcher bestehen. Die absteigenden Teilungsäste sind sämtlich kurze Fasern; was die aufsteigenden betrifft, so gehören diejenigen von ihnen, welche in der Randzone verlaufen, ebenfalls zu den kurzen Fasern, während die aufsteigenden Äste in den *Burdach*schen und *Goll*schen Strängen von verschiedener Länge sind: die längeren gelangen im Rückenmarke weit nach oben und erreichen zum Teil die Kerne der Hinterstränge in der Medulla oblongata (s. unten), wo sie in ihre Endbäumchen sich aufsplittern, die kürzeren hingegen und die Kollateralen derselben treten wie die absteigenden Teilungsäste schliesslich ebenfalls in die graue Substanz ein und zerfallen hier in der Umgebung von Zellen in Endbäumchen.

Diese Thatsachen erhalten eine weitere Stütze durch die Beobachtungen über sekundäre Degenerationen in den Hintersträngen. Nach Durchschneidung der dorsalen Wurzeln entarten, wie meine eigenen Untersuchungen erkennen lassen, sowohl Faserzüge in der äusseren Wurzelzone, als auch solche in den Hintersträngen, und in letzteren ist die Degeneration aufwärts bis zu den entsprechenden Kernen des verlängerten Markes zu verfolgen. Mit Rücksicht auf diese Beobachtungen sah sich schon *Singer* zu der Behauptung veranlasst, dass die Hinterstränge sich aus spinalen Fasern der dorsalen Wurzeln zusammensetzen, wobei später hinzutretende Wurzelfasern in den Hintersträngen lateral von den bereits eingetretenen zu liegen kommen, so dass Fasern, welche ursprünglich den *Burdach*schen Strängen angehörten, in höheren Querschnitten zu solchen der *Goll*schen Stränge werden können. Eine analoge Anschauung von der Lagerung der dorsalen Wurzeln in den Hintersträngen vertritt auch *Kahler*, und in neuerer Zeit sind die in Rede stehenden Resultate durch Untersuchungen von *Wagner*, *Borgherini*, *Münzer* und *Singer* noch weiter bestätigt worden. Nach diesen Autoren biegt der Teil der dorsalen Wurzeln, welcher in den Hintersträngen aufwärts verläuft — es handelt sich um die aufsteigenden Teilungsäste — allmählich mehr und mehr nach innen um; gleichzeitig macht sich eine beträchtliche Verminderung der Anzahl der Fasern bemerkbar, so dass schliesslich nur ein kleiner Teil das verlängerte Mark erreicht, um hier in den Hinterstrangkernen zu endigen (*Singer* und *Münzer*).

Eigene Versuche haben mir nach Durchschneidung der Wurzeln im Gebiete der Cauda equina neben Degeneration zunächst benachbarter Querschnitte der *Burdach*schen Stränge eine allmählich abnehmende aufsteigende Entartung *Goll*scher Fasern ergeben, welche durch das Brust- und Halsmark zur Medulla oblongata zu verfolgen war.

Es darf überhaupt als feststehend gelten, dass jedem in das Rückenmark eintretenden Nerv in den Hintersträngen ein besonderes Feld entspricht, welches durch Abgabe von Fasern an die graue Substanz sich aufwärts allmählich verkleinert; stets lagert sich hier die centrale Fortsetzung proximaler Nerven nach aussen von derjenigen distaler Fasern. Ausserdem ist nicht zu vergessen, dass sowohl in den *Goll*schen wie in den *Burdach*schen Strängen neu hinzutretende Wurzelfasern sich mit Teilungsästen aus tieferen Rückenmarksebenen vergesellschaften.

Wie erwähnt, können aufsteigende Hinterwurzeläste der *Burdach*schen Stränge in höheren Rückenmarksebenen zu Bestandteilen der *Goll*schen Stränge werden; es ist dies eine Erscheinung, welche zweifellos auf eine zum mindesten teilweise Zusammengehörigkeit der beiden Strangsysteme hinweist. Bei Durchschneidung der dorsalen Wurzeln

im Brust- und Halsmark geht der Degenerationsquerschnitt nach Angaben von *Pfeiffer* und *Sottos* im äussersten Fall bis zur lateralen Grenze der *Goll*schen Stränge; jedoch bestehen in dieser Hinsicht noch Kontroversen, indem nach Beobachtungen von *Hofrichter* und *Barbacci* die aufsteigenden Äste der cervikalen Wurzeln sich noch bis zu einem gewissen Grade an der Zusammensetzung der zarten Stränge beteiligen.

Das im obigen geschilderte Verhalten der dorsalen Wurzelfasern wird durch neuere Durchschneidungsversuche von *Berdez**) vollauf bestätigt. Er kommt hierbei zu dem Schluss, dass beim Meerschweinchen die langen Fasern der *Goll*schen Stränge zum grössten Teil aus senkrechten Fasern der dorsalen Wurzeln bezw. aus deren aufsteigenden Ästen bestehen.**) Ein beträchtlicher Teil dieser Fasern verlässt aufwärts allmählich den Hinterstrang, einige jedoch verlaufen in letzterem von der Cauda equina bis zu den Hinterstrangkernen des verlängerten Markes. Nach Durchschneidung hinterer Wurzeln findet man beiläufig degenerierte Fasern sowohl auf der gleichen als auch auf der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte; der Übertritt von Fasern auf die andere Seite geschieht offenbar in der grauen Kommissur.

Angesichts dieser Thatsachen erscheint es zweifellos, dass ein Teil der dorsalen Wurzelfasern bezw. ihrer aufsteigenden Äste schon vom Lendenmark aus bis zu den Kernen des verlängerten Markes verfolgt werden kann, wogegen der Rest schon früher in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes in dessen graue Substanz sich einsenkt.

An Präparaten, die von Herrn Dr. *Reimers* in meinem Laboratorium gefertigt wurden, vermochte ich festzustellen, dass beim Hunde nach Durchschneidung der Lendenwurzeln nicht nur die zur Oblongata gehenden Hinterwurzelfasern entarten, sondern dass daneben sich aufsteigende Degeneration eines kleinen Faserbezirkes an der medialen Grenze des Hinterhorns entwickelt, welche sogar auf die ventralen Teile der Hinterstränge übergeht. Auch einzelne Fasern am Septum posticum erweisen sich in geringer Ausdehnung aufsteigend entartet.

Was die absteigenden Teilungsäste der dorsalen Wurzeln betrifft, so ist bereits erwähnt worden, dass sie durchweg kurze Fasern darstellen, welche nach ihrer Abzweigung alsbald die graue Substanz aufsuchen. Die Untersuchung der sekundären Degenerationen in vier Fällen ergab *Schultze*, dass die absteigenden Äste sich nicht über 2,5 cm unterhalb der Läsionsstelle verfolgen lassen. Andererseits fand sich in einem von *Schäffer* beschriebenen Falle eine distalwärts sich verrin-

---

*) Revue méd. de la Suisse rom. 1892.

**) Es muss hier bemerkt werden, dass nach *v. Lenhossék* auch an gut gelungenen *Golgi*schen Präparaten in den *Goll*schen Strängen keine Kollateralen zu ermitteln sind.

gernde absteigende Degeneration, welche vom XI. Brustwirbel bis zum I. Lendenwirbel bezw. bis zum Conus medullaris reichte. Bei einigen Tieren jedoch scheinen die absteigenden Äste stärker entwickelt zu sein; *Berdez* beobachtete z. B. im Rückenmark des Meerschweinchens in grosser Entfernung unterhalb der Läsionsstelle degenerierte Fasern, allerdings nur in spärlicher Anzahl.

Wie aus den aufsteigenden Ästen der hinteren Wurzeln die *Burdach-Goll*schen Stränge entstehen, so erzeugen die absteigenden Äste, wie unten gezeigt werden soll, eine Reihe besonderer Leitungssysteme; so insbesondere das kommaförmige Bündel von *Schultze* (dasselbe entspricht meinem intermediären System) und das medio-marginale Bündel resp. *Flechsig*'s ovale Zone*).

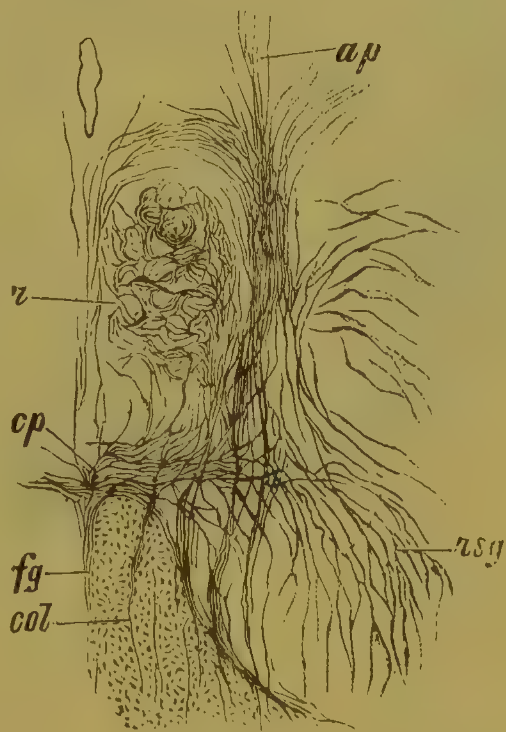



Fig. 17.

Endverästelung von Kollateralen der hinteren Wurzeln um Zellen der *Klarke*schen Säulen. Rückenmark eines Kätzchens. Behandlung nach *Golgi*. *col* Kollateralen hinterer Wurzelfasern; *fg* Fasern aus Zellen der Hinterhörner zum *Goll*schen Strang; *cp* dorsale Kommissur; *r* Fasergeflecht der *Klarke*schen Säulen, im wesentlichen aus Endbäumchen dorsaler Wurzelfasern bestehend; *rsg* Fasergeflecht vor dem *Rolando*, im wesentlichen aus Endbäumchen dorsaler Wurzelfasern bestehend; *ap* kollaterales Bündel der dorsalen Wurzel zum Vorderhorn.

Man darf nun nicht glauben, dass die Hinterstränge sich ausschliesslich aus Ästen und Kollateralen der Wurzeln aufbauen, eine Annahme, welche noch in neuerer Zeit von vielen Autoren aufrecht erhalten wird. Schon an *Golgi*schen Präparaten kann man sich davon überzeugen, dass die Nervenfortsätze einiger Zellen der Hinterhörner und der *Klarke*schen Säulen in die Hinterstränge übergehen. Diese bestehen demnach nur zu einem Teil aus Wurzelfasern, während ein anderer Teil ihrer Fasern aus Zellen der grauen Substanz entspringt.

Dies geht wenigstens aus dem Umstande hervor, dass ein bestimmter Teil der Hinterstränge und speziell der *Goll*schen Bündel, wie ich zuerst dargethan habe, später markhaltig wird als das mediale Bündel der hinteren Wurzeln. Andererseits sind an *Golgi*präparaten in den Hinterhörnern wie in den *Klarke*schen Säulen konstant Zellen anzutreffen, deren Axonen in die Hinterstränge übergehen (Fig. 5). Dazu kommt

---

*) Das Nähere über den Ursprung der genannten Bahnen und die hierauf bezüglichen Kontroversen s. unten.

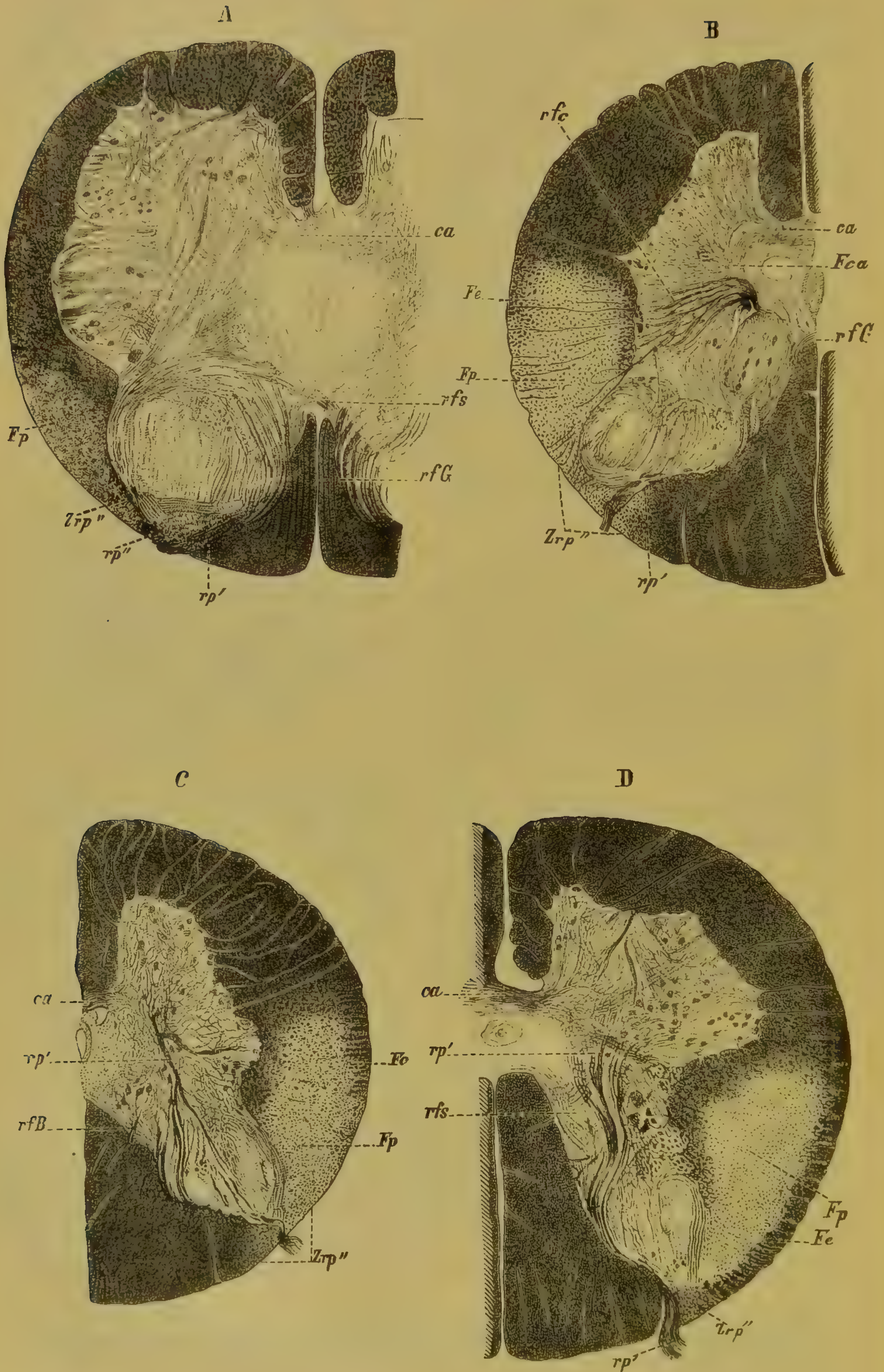

A
ca
Fp
rfs
rfG
Zrp″
rp″
rp′
B
rfc
ca
Fca
Fe
rfC
Fp
Zrp″
rp′
C
ca
rp′
Fe
rfB
Fp
Zrp″
D
ca
rp′
rfs
Fp
Fe
Zrp″
rp′

Fig. 18.

Querschnitte durch das Rückenmark eines Neugeborenen. *A* aus dem Sakralmark, *B* aus dem Übergangsteil zwischen Lendenanschwellung und Brustmark, *C* aus dem Brustteil, *D* aus der Halsanschwellung.

*ca* ventrale Kommissur; *Fp* Pyramidenseitenstrang; *Fe* direktes Kleinhirnbündel; *rp'* gröbere mediale Wurzelfasern, *rp''* feinere laterale Wurzelfasern; *Zrp''* äusseres Wurzelgebiet oder Randzone; *rfc* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zum Kleinhirnbündel; *Fca* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur ventralen Kommissur; *rfB* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zum *Burdach*schen Strang; *rfs* Fasern aus den zerstreuten Zellen des Hinterhornes zur dorsalen Kommissur (als centrale Fortsetzung der einen lateralen Hinterwurzelfasern); *rfG* Fasern aus den zerstreuten Zellen des Hinterhornes zum *Goll*schen Strang (centrale Fortsetzung der feinen lateralen Hinterwurzelfasern). Färbung nach *Weigert*.

weiterhin, dass ein Übertritt von Fasern aus der grauen Substanz in die Hinterstränge direkt beobachtet werden kann; an Präparaten, die nach *Weigert* und *Pal* behandelt waren, habe ich zuerst gezeigt, wie im Sakral- und Lumbalmark Faserzüge aus der grauen Substanz in periphere Teile der Hinterstränge eintreten (Fig. 18 *A*). Zu Gunsten des fraglichen Verhaltens spricht endlich auch die Thatsache, dass in Fällen von Kompression des Rückenmarkes durch den Druck der Aorta thoracica der Zerfall der grauen Substanz stets mit sekundärer aufsteigender Degeneration der *Goll*schen Stränge einhergeht.

In Betreff des Schicksales der letzten Endigungen der dorsalen Wurzelfasern und ihrer Kollateralen führt die Untersuchung des Markes von Neugeborenen und Embryonen nach den Methoden von *Golgi*, *Weigert* und *Pal* zu folgenden Aufschlüssen.

Die Äste und Kollateralen des medialen Bündels der dorsalen Wurzeln gehen im Rückenmark nach zwei Richtungen auseinander: Ein Teil derselben, und zwar derjenige, welcher mehr medialwärts durch das Gebiet des *Burdach*schen und teilweise auch des *Goll*schen Stranges hindurchgeht, wendet sich zu den grauen *Klarke*schen Säulen und verliert sich hier unter Bildung eines dichten Filzes feinster Fäserchen (Fig. 17). Die Äste und Kollateralen der mehr lateralwärts gelegenen Fasern des medialen Bündels hingegen dringen nach ihrem Eintritt in das Hinterhorn in die Tiefe der grauen Substanz ein, wo sie zum Teil schon vor dem *Rolando* und in der Mittelgegend der grauen Substanz um hier vorhandene Nervenzellen sich in ihre Endbäumchen auflösen (Fig. 18 *D*, Fig. 43), während der Rest zum Vorderhorn gelangt (Fig. 18 *C*, *D* und Fig. 41) und hier in ein zwischen den Zellgruppen eingefügtes Geflecht von Nervenfäserchen eingeht. Diese Fäserchen haben zweifellos Beziehungen zu Zellen des Vorderhorns, wie *Golgi*sche Präparate zur Evidenz beweisen (Fig. 19). An gelungenen Präparaten vom Rückenmarke der neugeborenen Maus sah *v. Lenhossék* isolierte Imprägnationen des Kollateralenbündels der Hinterwurzeln und konnte hierbei feststellen, dass die meisten dieser Kollateralen zwischen den Zellen des Vorderhornes hindurchgehen

und sich nahe dem ventralen Rande des letzteren an der Grenze der weissen Substanz in ein dichtes Geflecht von Endbäumchen auflösen. An Rückenmarken menschlicher Embryonen ist es mir ebenfalls ge-




Fig. 19.

Querschnitt durch das Rückenmark eines Neugeborenen. Kollateralen in der grauen Substanz. *A* Vorderstrang. *B* Pericelluläre Endverästelung von Kollateralen der Vorderstränge. *C* Kollateralen der vorderen Kommissur. *D* Hinteres Bündel, *E* mittleres Bündel, *F* vorderes Bündel der hinteren Kommissur. *G* Fibrilläres Bündel des Hinterstranges, verästelt sich im Hinterhorn vor der Substantia gelatinosa *Rolando*. *H* Sensitiv-motorisches oder Reflexbündel. *J* *Klarke*sche Säule und Verästelung von Kollateralen darin. *K* Geflecht vor dem *Rolando*. (Nach *Ramón y Cajal.*)

lungen das fragliche Bündel isoliert zu imprägnieren (Fig. 41)*); auch hier gelangten einige seiner Fasern bis zum Vorderrande der grauen

---

*) Dass ein Teil der hinteren Wurzeln zu Zellen des Vorderhorns in nächster Beziehung steht, hatte ich zuerst an *Weigert*-Präparaten vom Rückenmarke Neugeborener nachgewiesen (Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1887); späterhin ist dann auf diese Verhältnisse mehrfach von Autoren hingewiesen worden welche nach der Methode von *Golgi* und *Marchi* arbeiteten (*Ramón y Cajal*, *v. Lenhossék*, *Singer* und *Münzer*). In neuerer Zeit bestätigt dies auch *van Gehuchten* (Anatomischer Anzeiger 1893) mit dem Bemerken, dass die fraglichen Fasern als Achsencylinderfortsätze aus den grossen Nervenzellen des dorsalen Abschnittes des Vorderhorns hervorgehen. Letztere dürfen jedoch mit im Vorderhorn sich aufsplitternden Kollateralen hinterer Wurzelfasern nicht verwechselt werden.

Substanz, während andere zwischen den grossen Nervenzellen des Vorderhorns endigten. Ein Teil der Kollateralen der hinteren Wurzeln scheint während seines Durchganges durch die tiefen Abschnitte der grauen Substanz zur vorderen Kommissur zu gelangen (Fig. 18 *C*), es bleibt aber offen, ob hier gleichzeitig ein Übergang auf die andere Seite stattfindet, wenigstens haben Untersuchungen nach der *Golgi*schen Methode in letzterer Beziehung nichts positives zu ermitteln vermocht.

Einige Fasern des medialen Bündels der hinteren Wurzeln ziehen direkt zur grauen Substanz und teilen sich erst hier in auf- und absteigende Äste. Vertikal geworden verlaufen letztere unmittelbar vor der *Rolando*schen Substanz, und so kommt es dass auf Querschnitten dieser Gegend besonders in den oberen Teilen des Rückenmarkes nicht selten quergetroffene Wurzelfasern beobachtet werden (Fig. 18 *D*), welche *Kölliker* als „Längsbündel des Hinterhorns" bezeichnet hat. Eine Sonderstellung nehmen die Kollateralen des vorderen Abschnittes der *Burdach*schen Stränge ein, welche dicht hinter den *Klarke*schen Säulen das Hinterhorn betreten; sie lösen sich zum Teil schon hinter den *Klarke*schen Säulen in ein Geflecht auf, zum Teil wenden sie sich dorsalwärts zu den tieferen Partieen des Hinterhorns.

Bezüglich der Kollateralen und Äste des lateralen Bündels der hinteren Wurzeln lehrt die Untersuchung des Rückenmarkes Neugeborener, dass sie zu einem Teil durch die Randzone (Fig. 18 *Zrp''*) hindurch die graue Substanz aufsuchen, während ein kleiner Teil direkt der Spitze des Hinterhorns zustrebt. Indem sie nun die Substantia gelatinosa *Rolandi* zum Teil durchsetzen, zum Teil mit zarten Zügen innen und aussen umkreisen, treten die Fasern dieses Bündels einerseits zu Zellen des *Rolando*, andererseits zu solchen des eigentlichen Hinterhorns und in grosser Zahl speziell zu jener Zellgruppe des letzteren, welche der vorderen Grenze der Substantia gelatinosa zunächst benachbart ist (Fig. 18). Zu dieser Zellgruppe begiebt sich demnach sowohl die Mehrzahl der Fasern, welche die *Rolando*sche Substanz durchsetzen, als auch ein bedeutender Anteil derjenigen, welche sie von aussen und innen umkreisen. Im Zusammenhang hiermit finden wir im Hinterhorne unmittelbar vor dem *Rolando* in der Umgebung der hier in grosser Zahl vorhandenenen Nervenzellen ein dichtes Geflecht feinster Fäserchen (Plexus substantiae *Rolandoi*). Ein Teil der erwähnten die Substantia gelatinosa umkreisenden Fasern des lateralen Wurzelbündels geht augenscheinlich noch weiter ventralwärts und begiebt sich zu der zwischen Seiten- und Hinterhorn befindlichen Zellgruppe.

Auch der Übergang der Kollateralen eines bestimmten mehr nach innen zu gelegenen Teiles des lateralen Bündels durch die dorsale Kommissur in die graue Substanz der gekreuzten Seite darf als feststehend gelten, ein Umstand auf welchen ich in meiner Abhandlung

„Von den hinteren Wurzeln und dem Orte ihrer Endigung in der grauen Substanz des Rückenmarkes“ *) bereits vor Jahren hingewiesen habe.

Die Fasern der hinteren Kommissur entstammen sehr späten Entwickelungsperioden; sie enthält noch zu einer Zeit, wo die hinteren Wurzeln in den Hintersträngen bereits vollständig weiss erscheinen, fast gar keine markhaltigen Fasern, und erst von dem Zeitpunkt, wo die äusseren Wurzelfasern mit ihren Ästen myelinhaltig werden, beginnen in derselben zarte Markfäserchen aufzutreten, welche, wie die Untersuchung mit der Silbermethode ergiebt, sich als Kollateralen von hinteren Wurzelfasern und von Strangfasern darstellen. An *Golgi*-schen Präparaten lassen sich in der hinteren Kommissur streng genommen drei Faserbündel unterscheiden (Fig. 19): 1. ein hinteres Bündel wird von Fasern resp. Kollateralen gebildet, welche aus dem Wurzelgebiet der Hinterstränge entspringen und sodann, nachdem sie sich in der Mittellinie gekreuzt, in das Fasergeflecht des anderseitigen Hinterhorns aufgehen;**) 2. ein mittleres Bündel besteht aus Fasern, welche den inneren Abschnitten der Seitenstränge entstammen und sich ebenfalls in dem erwähnten Geflecht verlieren; 3. das vordere Bündel endlich steht weder zu den Hintersträngen, noch auch zu den Hinterhörnern in näherer Beziehung; seine Fasern verlaufen vor den *Klarke*schen Säulen und scheinen sich im Vorderhorn in ein Geflecht aufzulösen. Übrigens muss bemerkt werden, dass die hintere Kommissur beim Menschen ungleich schwächer entwickelt ist als bei einigen Tieren, und nur ein relativ winziges Bündelchen darstellt.

Es erhellt aus den obigen Ausführungen, dass die Fasern des medialen und des lateralen Bündels der hinteren Wurzeln an ganz verschiedenen Orten der grauen Substanz ihre Endausbreitung finden: jenes in den *Klarke*schen Säulen, in der centralen Zellgruppe, um Zellen der Vorderhörner und zum Teil in der prärolandischen Zellgruppe; dieses — in der Umgebung von Zellen der *Rolando*schen Substanz und der davor gelegenen Zellgruppe, um die zerstreuten Elemente des Hinterhornes und höchstwahrscheinlich auch in der lateralen Zellgruppe des letzteren. Ausserdem erhebt sich ein nicht unbeträchtlicher Teil der hinteren Wurzeln, und insbesondere des medialen Bündels in den Hintersträngen bis zu den Kernen der letzteren in der Medulla oblongata.

Auch die funktionelle Bedeutung der verschiedenen Bündel der hinteren Wurzeln kann selbstverständlich nicht die nämliche sein, wie ja u. a. die physiologischen Experimente unzweifelhaft erkennen lassen;

---

*) Zeitschrift für klinische u. forensische Psychiatrie u. Neuropathologie 1887 (Original), und Arch. f. Anatomie u. Physiologie 1887.

**) Diese Kreuzung tritt im Lenden-, besonders aber im Sakralmark mit grosser Deutlichkeit hervor (vgl. Fig. 18 *A*).

eine eingehende Erörterung dieser Frage würde hier jedoch zu weit führen. Ich bemerke nur, dass in dem medialen Bündel vorwiegend die Leitung der Muskelsensibilität, in dem lateralen anscheinend hauptsächlich die der Hautsensibilität vor sich geht.

Die Untersuchungen mittelst der Silbermethode haben demnach zu dem Ergebnis geführt, dass ein Teil der Fasern und Kollateralen der hinteren Wurzeln in die graue Substanz eindringt und sich hier um Strangzellen des Hinterhornes, um Zellen der *Klarke*schen Säulen und der centralen Gebiete der grauen Substanz, sowie um solche der Vorderhörner verästelt; wogegen ein anderer Teil der Wurzeln bezw. die aufsteigenden Äste derselben die Hinterstrangkerne im verlängerten Marke erreicht und sich in der Nachbarschaft der Nervenzellen hierselbst in Gestalt pinselförmiger Endramifikationen verliert.

Vermöge ihrer Teilung in aufsteigende und absteigende Äste und vermöge der Abgabe zahlreicher Kollateralen gelangen die hinteren Wurzeln in Beziehung nicht allein zu den verschiedensten Gegenden der grauen Substanz des Rückenmarkes, sondern auch zu gewissen Nervenkernen der Medulla oblongata. Wenn unter solchen Verhältnissen die physiologische Erregung sich dem ungeachtet auf ganz bestimmte Reizgebiete zu beschränken vermag, so ist dies nur unter der Voraussetzung denkbar, dass die Intensität des Reizes in den Anfangskollateralen am grössten ist, in den entfernteren Kollateralen dagegen sich allmählich erschöpft. Ausserdem ist es sicher, dass ein kontinuierlicher Zusammenhang der hinteren Wurzelfasern mit den Zellen der grauen Substanz nicht vorhanden ist; wohl aber erscheint die Möglichkeit funktioneller Beziehungen dadurch gewährleistet, dass die Wurzelfasern und ihre Kollateralen sich in feinste Endbäumchen aufsplittern, welche an die Nervenzellen herantreten, ja sie zum Teil umspinnen.*)

Dieses Verhalten zwingt zu der Annahme, dass es zur Fortleitung der Erregung keines ununterbrochenen Zusammenhanges der Nervenelemente bedarf. Die moderne histologische Forschung erweist den Mangel einer organischen Verbindung zwischen Faser und Zelle sogar in solchen Fällen, wo das Bestehen funktioneller Beziehungen zwischen beiden über jeden Zweifel erhaben ist. Die Übertragung der Reize geschieht sowohl im centralen wie im peripheren Nervensystem offenbar schon unter Voraussetzung von Kontakt oder auch nur von unmittelbarer Nachbarschaft zwischen Nervenfaser und Nervenzelle, und nicht vermöge eines ununterbrochenen, in Wirklichkeit nicht vorhandenen Zusammenhanges der Elemente. In dieser Beziehung kann beispielsweise auf das Verhalten der hinteren Wurzeln zu den Zellen der Vorder-

---

*) *Brain* 1891.

hörner (Fig. 21) hingewiesen werden; obgleich das Vorhandensein einer Nervenleitung zwischen hinteren Wurzeln und Vorderhornzellen keinem Zweifel unterliegen kann, so weist die histologische Untersuchung nichtsdestoweniger lediglich auf einfache Kontaktbeziehungen bezw. starke Annäherung zwischen den Endbäumchen der ersteren und den Protoplasmafortsätzen der letzteren hin.

Ähnlich verhalten sich die Endverästelungen der hinteren Wurzeln zu vielen anderen Nervenzellen des Rückenmarkes, deren Nervenfortsätze sich ihrerseits in auf- und absteigende Äste teilen und mitsamt ihren Kollateralen sich schliesslich in der Nachbarschaft von Zellen des Vorderhorns in Endpinselchen oder Endbäumchen auflösen. Hier besteht also zwischen hinteren Wurzeln und Vorderhornzellen kein direkter Verkehr, wie in dem vorhin erwähnten Falle, sondern ein mittelbarer; in der Leitung jedoch entstehen, abgesehen von der Einschaltung eines neuen Neurons, keine wesentlichen Änderungen.

Das genannte Verhalten zu den Nervenzellen des Markes betrifft aber die hinteren Wurzeln nur insofern, als sie wie ja zum grössten Teil aus centripetalen Fasern sich zusammensetzen. Ein kleinerer Teil derselben besteht wie erwähnt aus centrifugalen Bahnen, welche als Nervenfortsätze von Zellen der Vorderhörner und der Mittelgegend der grauen Substanz direkt den hinteren Wurzeln sich hinzugesellen. Diese in ihrer Entstehung den vorderen Wurzeln analogen Fasern entarten gleich jenen in absteigender Richtung. Wenigstens findet man bei Versuchen mit Durchschneidung hinterer Wurzeln zwischen Rückenmark und Spinalganglion im centralen Abschnitt der Wurzel neben aufsteigend degenerierenden Fasern stets auch eine Anzahl nicht entarteter, im peripherischen Abschnitt dagegen sind inmitten einer Masse unversehrter Fasern hin und wieder degenerierte Elemente nachweisbar und noch jenseits des Ganglion zu verfolgen. Es handelt sich hier offenbar um Fasern, welche als Axonen von Zellen des Rückenmarkes letzteres mit den hinteren Wurzeln verlassen und, ohne mit dem Spinalganglion in nähere Beziehungen zu treten, zur Peripherie verlaufen.

Die vorderen Wurzeln, zu deren Schilderung ich jetzt übergehe, enthalten ähnlich den hinteren Wurzeln gröbere und feinere Fasern, von welchen sich jene früher entwickeln als diese. Beide Faserarten verlaufen in den Wurzeln nebeneinander her, in der grauen Substanz aber entspringen sie nichtsdestoweniger aus ganz verschiedenen Zellgruppen.

Die gröberen Fasern der vorderen Wurzeln entspringen aus den grossen Nervenzellen des Vorderhorns (Fig. 6; Fig. 20 *ra*) und zwar aus der sog. lateralen Gruppe derselben (Fig. 20). Die feineren Fasern wurzeln nach *Gaskell* in Zellen des Tractus intermedio-lateralis und in

solitären Elementen des Hinterhorns; nach Angabe desselben Autors kommen sie auch aus Zellen der *Klarke*schen Säule, jedoch wird diese Behauptung neuerdings von *Mott* mit Entschiedenheit zurückgewiesen. Unbewiesen erscheint übrigens auch der Ursprung vorderer Wurzelfasern aus solitären Hinterhornzellen.

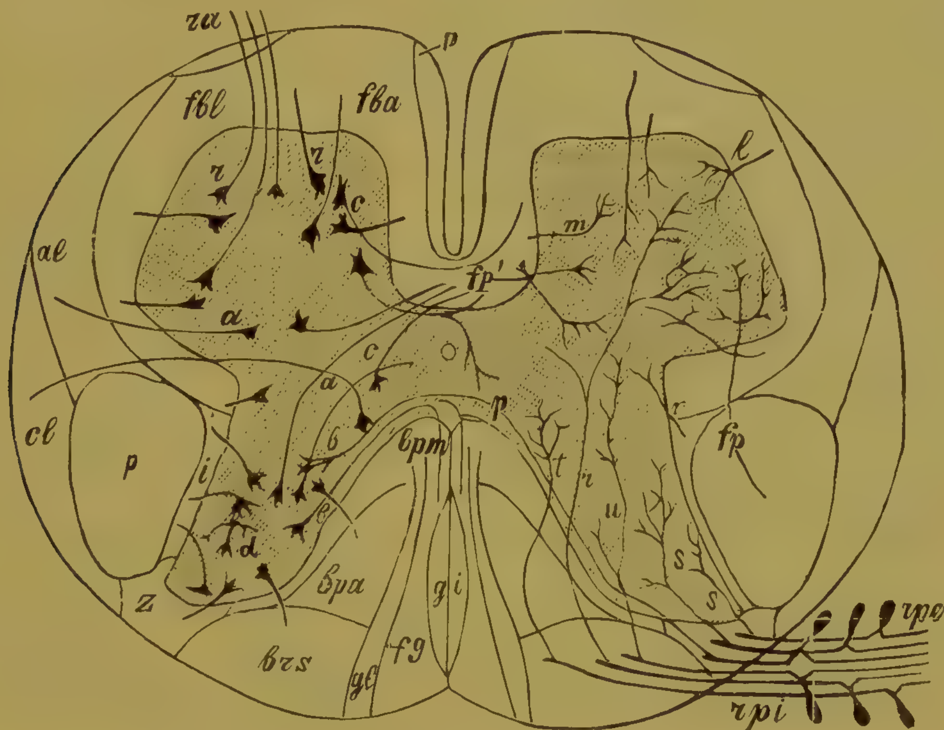



Fig. 20.

Schema des Ursprunges und der Endigung der Nervenwurzeln in der grauen Substanz des Rückenmarkes und der Verteilung der Nervenzellen in letzterer. *rpe* laterale hintere Wurzeln. *rpi* mediale hintere Wurzeln. *p* (in der Mitte der Figur) Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser welche durch die dorsale Kommissur auf die andere Seite tritt. *t* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur *Klarke*schen Säule. *r* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zum Vorderhorn. *u* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur centralen grauen Substanz bezw. zur centralen Zellgruppe des Rückenmarkes. *s* Kollateralen hinterer Wurzelfasern zum Hinterhorne. *n* eine Faser der Grenzschicht, in der grauen Substanz endend. *fp*, *fp'* Fasern aus dem ventralen und lateralen Pyramidenstrange zu Zellen des Vorderhornes. *l* eine Faser aus dem Grundbündel des Seitenstranges und *m* eine solche aus dem Grundbündel des Vorderstranges nach ihrem Eintritt in die graue Substanz. *c*, *c* Kommissurenzellen. *r*, *r* Wurzelzellen. *a*, *a* Seitenstrangzellen. *b*, *b* Zellen der Hinterstränge. *d* *Golgi*sche Zelle mit kurzem Nervenfortsatz. *fg* zarter oder *Goll*scher Strang. *gi* am dorsalen Septum angrenzender Teil des *Goll*schen Stranges. *gl* Zwischenschicht; *brs*, *bpa*, *bpm* hinterer, mittlerer und vorderer Abschnitt des *Burdach*schen Stranges. *Z* äusseres Wurzelgebiet (Randzone). *p* (links) Pyramidenseitenstrang. *p'* Pyramidenvorderstrang. *cl* Kleinhirnseitenstrang. *al* *Gower*sches Bündel oder Fasciculus antero-lateralis. *i* mediales Bündel des Seitenstranges. *fbl* Grundbündel des Seitenstranges. *fba* Grundbündel des Vorderstranges. *ra* ventrale Wurzeln.

Die vorderen Wurzelfasern scheinen sämtlich aus Zellen der vorderen Teile der grauen Substanz hervorzugehen. Eine geringe Anzahl derselben entspringt, entgegen der Ansicht *v. Lenhosséks*, aus Elementen des kontralateralen Vorderhorns und tritt durch die ventrale Kommissur hindurch. Letztere Thatsache kann sowohl am Hirn junger Embryonen des 4—5 Monats, wo nur Wurzelfasern markhaltig erscheinen, als auch

durch Untersuchung der Degenerationen nach Durchschneidung der ventralen Wurzeln erwiesen werden.

Da die gröberen und feineren Fasern der Vorderwurzeln sich nicht gleichzeitig entwickeln, so liegt der Gedanke nahe, dass sie auch in funktioneller Beziehung Differenzen darbieten werden. In der That ist darauf hingewiesen worden, dass die gröberen Fasern für die querstreifige Muskulatur bestimmt sind und der willkürlichen Bewegung dienen, während die Mehrzahl der feineren Fasern höchst wahrscheinlich sich zum Sympathicus gesellt und die inneren Organe mit motorischen Nerven versorgt (*Gaskell*, *Mott*); jene entspringen nach *Gaskell* aus Zellen der Vorderhörner, diese aus solchen der Seitenhörner.

Was die Beziehungen der vorderen Wurzeln zu den Zellen der grauen Substanz betrifft, so treten hier wesentliche Unterschiede gegenüber dem Verhalten der hinteren Wurzeln entgegen. Die grossen motorischen Ganglienzellen der Vorderhörner senden ihre Neuraxonen geradenwegs in die vordere Wurzel, und man darf behaupten, dass wenigstens die Mehrzahl der übrigen Wurzelfasern, welche aus anderen Zellgruppen hervorgehen, ebenfalls aus Nervenfortsätzen besteht (Fig. 21 *Ra*).

Die vorderen Wurzeln nehmen demnach zweifellos ihren Ursprung in Zellen der grauen Substanz des Rückenmarkes; der wahre Ursprung der hinteren Wurzeln dagegen ist — mit Ausnahme weniger im Vorderhorn entstehender Fasern — in den Spinalganglien zu suchen.

Die vorderen Wurzelfasern entspringen nicht allein aus Nervenzellen, welche mit der Austrittsstelle der Wurzel in gleichem Niveau liegen, sondern zum Teil auch aus solchen höherer und tieferer Gebiete der grauen Substanz; so erklärt sich das Auftreten zahlreicher aufsteigender und absteigender Wurzelfasern inmitten der Elemente des benachbarten Vorderseitenstranges.

Untersuchungen von *Reimers* in meinem Laboratorium haben gezeigt, dass bei Tieren (Hund und Kaninchen) nach Durchschneidung vorderer Wurzeln in einer gewissen Ausdehnung eine diffuse auf- und absteigende Degeneration im Vorderseitenstranggrundbündel nachweisbar ist, und zwar sowohl in der gleichseitigen, als auch in der gegenüberliegenden Markhälfte. Die Kreuzung der degenerierenden Fasern geht deutlich in der vorderen Kommissur vor sich.

Nicht selten entwickeln die in vordere Wurzelfasern übergehenden Neuraxonen in der Nähe ihrer Ursprungszelle eine geringe Anzahl feiner Kollateraläste (*Golgi*). Die Bedeutung dieser Kollateralen ist bisher mit Sicherheit nicht zu ermitteln gewesen; einige Autoren betrachten sie als centrifugale Leitungsapparate (*Kölliker*), andere als centripetale Bahnen der motorischen Wurzelzellen (*v. Lenhossék*).

Als Analoga zu den vorderen Wurzeln können in gewissem Sinne die Fasern des XI. Gehirnnervenpaares betrachtet werden, deren Urspung im Halsmark bis zum Niveau des V.—VI. Cervikalnerven zu verfolgen ist (Fig. 22). Die Bündel desselben durchsetzen zunächst den Seitenstrang und wenden sich, nachdem sie die graue Substanz in der Gegend zwischen Seiten- und Hinterhorn erreicht, ventralwärts zu der lateralen Zellgruppe des gleichseitigen Vorderhorns (Fig. 23 *nXI*). Auf diesem Wege biegt ein grosser Teil der Accessoriusfasern unmittelbar nach seinem Eintritt in die graue Substanz distalwärts zu senkrechtem Verlauf um, und erreicht sodann, horizontal geworden,

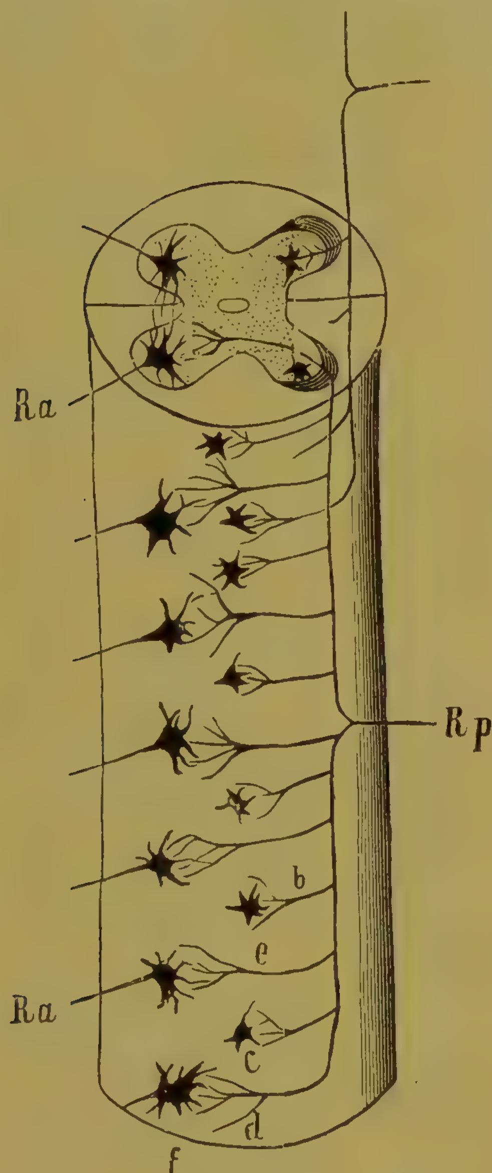



Fig. 21.

**Schema der Verästelung der dorsalen Wurzeln nach *Ramón y Cajal*.** *Ra* ventrale Wurzel; *Rp* dorsale Wurzel; *f* grosse motorische Zelle des Vorderhorns; *c* Kommissurenzelle; *d* Endbäumchen einer dorsalen Wurzelfaser; *e*, *b* längere und kürzere Kollateralen dorsaler Wurzelfasern.

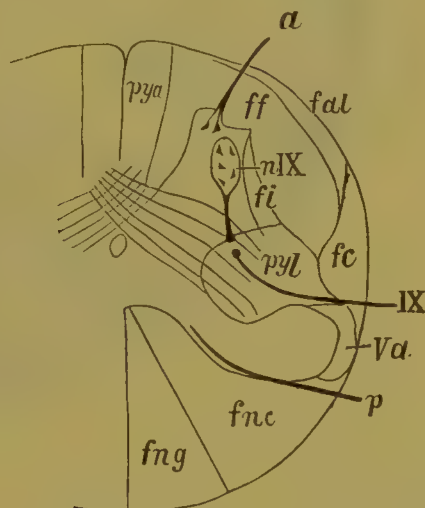



Fig. 22.

**Schema der Wurzeln des XI. Nervenpaares.** *a* vordere Wurzel, *p* hintere Wurzel des Nervus cervicalis I; *pya* Pyramidenvorderstrangbahn; *ff* Grundbündel des Vorderseitenstranges; *fal* Fasciculus antero-lateralis; *fi* mediales Bündel (?); *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *pyl* Pyramidenseitenstrangbahn; *fnc* Keilstrang; *fng* zarter Strang; *Va* aufsteigende Quintuswurzel; *nXI* (in der Figur irrtümlich *nIX*) Kern des N. accessorius; *XI* (in der Figur irrtümlich *IX*) Accessoriuswurzel.

die erwähnte Zellgruppe, welche den Kern des XI. Nervenpaares bildet.

Letzterer hat, entsprechend der langgezogenen Austrittslinie der Accessoriuswurzeln, die Form einer ununterbrochenen Zellsäule, welche in dorsolateraler Richtung von der medialen Zellgruppe des Vorderhorns ihre Lage hat. Das untere Ende des Kernes berührt die Ebene

des V. Halsnerven, das obere kann bis zum Anfangsteil der Oblongata verfolgt werden. Nach oben hin erscheint er durch den Kern des Hypoglossus fortgesetzt. In Beziehung auf das Verhalten der Wurzelfasern zu den Zellen des Accessoriuskerns ergiebt sich eine völlige Analogie mit den vorderen Wurzeln, indem die Fasern des N. accessorius ebenfalls als Neuraxonen aus den Zellen ihres Ursprungskernes hervorgehen.

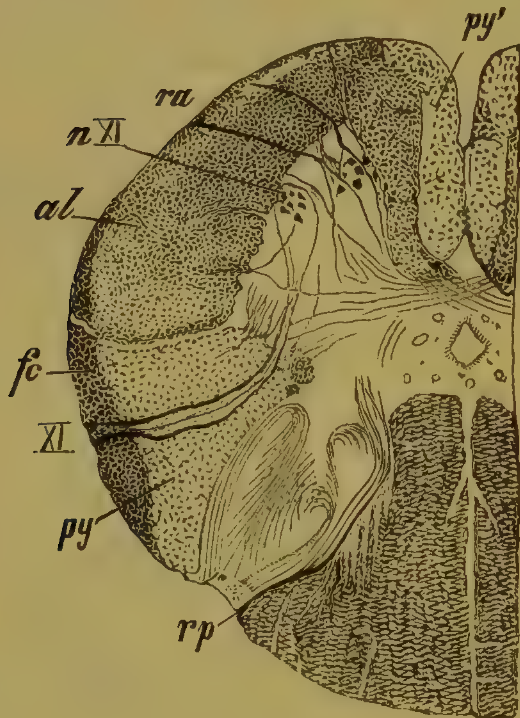



Fig. 23.

Querschnitt durch das Halsmark in der Höhe des I. Cervicalnerven. *Pal*sche Färbung. *rp* hintere Wurzel des N. cervicalis I; *py* Pyramidenseitenstrangbahn; *fc* Kleinhirnbündel; *al* Tractus anterolateralis; *ra* vordere Wurzel; *py'* Pyramidenvorderstrangbahn; *XI*, *nXI* Wurzel und Kern des N. accessorius *Willisii*.

Der Kopfteil des XI. Nervenpaares, der sog. Accessorius vagi gehört nicht zu den Wurzeln des Accessorius, sondern offenbar zu denen des Vagus. So erklärt sich die Erscheinung, dass nach Ausreissung des Accessoriusstammes sich nach und nach auf der Seite des Eingriffes Atrophie des dorsalen Vaguskerns, besonders seines unteren Abschnittes, entwickelt, ferner Atrophie des Seitenstrangkerns (und des nucl. ambiguus?) und des ebenfalls mit dem Vagus in Beziehung stehenden Fasciculus solitarius (*Ossipoff* nach Untersuchungen in meinem Laboratorium).

Ich möchte hier nicht unterlassen mit einigen Worten auf die Beziehungen der hinteren Wurzeln zu der contralateralen Rückenmarks hälfte einzugehen und hierbei die Frage nach dem funktionellen Verkehr beider Rückenmarkshälften überhaupt zu berühren. *Weigert*sche Präparate gewähren nicht selten Bilder, welche einen direkten Übertritt von Hinterwurzelfasern bezw. von Kollateralen solcher in die ventrale Kommissur vorzutäuschen geeignet sind und auch in der That vorgetäuscht haben. Mit dem *Golgi*schen Verfahren jedoch sind ähnliche Bilder nicht zu erzielen und es stösst daher die Annahme eines derartigen Verhaltens gegenwärtig auf begründete Zweifel. Unter solchen Umständen kommen als Mittelglieder bei der Fortleitung von Reizen aus hinteren Wurzelfasern auf die anderseitige Rückenmarkshälfte vor allem die sog. Kommissurenzellen in Betrachtung. Letztere sind ja in der grauen Substanz ausserordentlich weit verbreitet und

kommen u. a. in den Hinterhörnern,*) in den *Klarke*schen Säulen, in der Mittelregion der grauen Substanz und endlich im Vorderhorn vor, in dessen medialem Winkel sie sogar eine selbständige Zellgruppe konstituieren. Da aber die Kollateralen der Hinterwurzeln bekanntlich weit in die graue Substanz eindringen und nicht allein zu Zellen des Hinterhornes und der *Klarke*schen Säulen gelangen, sondern auch die centrale Zellgruppe und das Vorderhorn erreichen, so erscheinen die Kommissurenzellen durchaus geeignet, um eine Übertragung der Leitung von hinteren Wurzelfasern auf die anderseitige Rückenmarkshälfte zu vermitteln.

Eine fernere Quelle funktioneller Beziehungen zwischen beiden Hälften des Markes, auf welche ich hinzuweisen vermag, wurzelt in dem Umstande, dass die Wurzel- und Kommissurenzellen der Vorderhörner ihre Dendriten in die vordere Kommissur, sowie weiterhin auf die andere Seite des Markes und u. a. in das contralaterale Vorderhorn übergehen lassen (Fig. 24). In der Kommissur selbst uud jenseits derselben begegnen sich die in Rede stehenden Dendriten mit den Endbäumchen der Axonen von Kommissurenzellen und vielleicht auch mit Kollateralen von Hinterwurzelfasern, und vermögen dadurch zu einem Austausch von Beziehungen zwischen den beiden Hälften des Rückenmarkes beizutragen (Fig. 24).

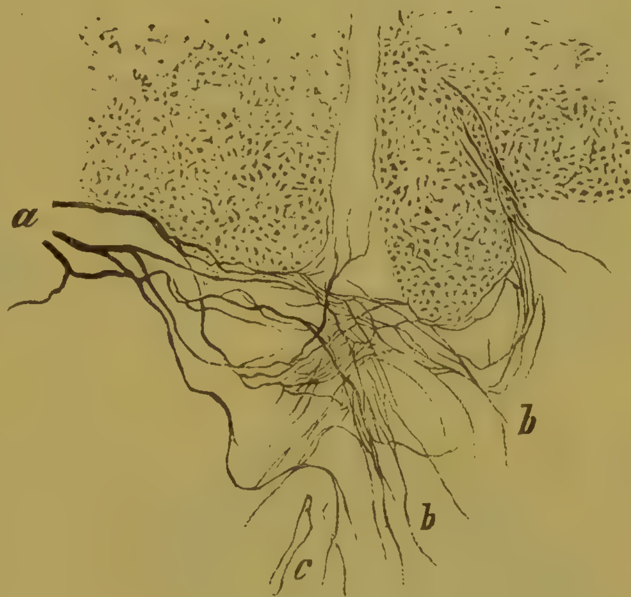



Fig. 24.

Vordere Kommissur des Rückenmarkes von einem neugeborenen Kätzchen. Behandlung nach *Golgi*. Man erkennt wie sich Nervenfortsätze mit Dendriten in der Kommissur begegnen. *a* Dendriten von Wurzelzellen und Kommissurenzellen des linkseitigen Vorderhornes. *b*, *b* Axonen von Zellen der rechtseitigen grauen Substanz. *c* Centralkanal.

Abgesehen von den Wurzeln giebt es in der grauen Substanz des Markes eine grosse Menge von Fasern, welche hierselbst aus Zellen hervorgehen oder um Zellen herum endigen und zu Bestandteilen der Markstränge werden. Es soll hier zunächst von den Fasern die Rede sein, welche aus Nervenzellen hervorgehen, in deren Nachbarschaft sich Endbäumchen hinterer Wurzelfasern ausbreiten.

---

*) In Bezug auf den Menschen und die höheren Tiere stellt *v. Lenhossék* übrigens das Vorkommen von Kommissurenzellen im Hinterhorne in Abrede.

In den *Klarke*schen Säulen, woselbst ein grosser Teil des medialen Bündels der hinteren Wurzeln endigt, entspringen zahlreiche Fasern, welche die *Klarke*schen Nervenzellen mit anderen centralen Gebieten in Verbindung zu setzen bestimmt sind.*) Von den *Klarke*schen Säulen gehen dieselben im wesentlichen nach zwei Seiten auseinander. Vor allem entspringen hier Faserzüge, welche zur Bildung der Kleinhirnseitenstrangbahn (Fig. 25 *B*, *rfc*) dienen; sie treten grösstenteils von der ventralen Seite der *Klarke*schen Säule aus und ziehen, nachdem sie sich im Bogen den lateralen Teilen der grauen Substanz zwischen Seiten- und Hinterhorn zugewandt, durch die weissen Seitenstränge bis zu deren dorsaler Peripherie, um hier proximalwärts umzubiegen. Ungemein zahlreich sind diese Fasern im Übergangsteil des Lendenmarkes in das Brustmark, wo sie denn auch, insbesondere an *Weigert-Pal*schen Präparaten, am leichtesten der Untersuchung zugänglich sind. Jedoch werden Kleinhirnfasern von der *Klarke*schen Säule zweifellos auch in höheren Niveaus abgegeben, nur sind sie hier viel weniger zahlreich. — Es ist ausserdem in hohem Grade wahrscheinlich, dass noch andere Bezirke des Seitenstranges Abkömmlinge der *Klarke*schen Säulen mit aufsteigender Richtung beherbergen.

Ein kräftiges Bündel anderer Fasern zieht von der vorderen Seite der *Klarke*schen Säule geradenwegs ventralwärts und biegt dann, wie ich nachweisen konnte, zur vorderen Kommissur um, mit deren Fasern es auf die gegenüberliegende Seite gelangt (Fig. 25 *B*, *Fca*). Im Brustmark sind solche Fasern fast überall anzutreffen, in den unteren Abschnitten desselben allerdings in grösserer Häufigkeit als in den oberen.

Zweifellos ist endlich, *Golgi*schen Präparaten zufolge und entgegen der Ansicht *v. Lenhossék*s, ein Uebertritt von Fasern aus den *Klarke*schen Säulen in die Hinterstränge, insbesondere in die Fasciculi cuneati.

Was die centrale Zellgruppe der grauen Substanz anlangt, so gehen die Nervenfortsätze derselben nach meinen Beobachtungen teils zur vorderen Kommissur (Fig. 26 *b*, *b*) in Gemeinschaft mit gleichgerichteten Fasern aus den *Klarke*schen Säulen, teils dringen sie durch die lateralen Teile der grauen Substanz hindurch in den Seitenstrang ein (Fig. 26 *c*). Es gehen somit die Axencylinder aus den beiden wichtigsten Endstätten der hinteren Wurzeln in Stränge der entgegengesetzten und der gleichseitigen Markhälfte über, ein Verhalten, welches mit der von der Physiologie gestützten Annahme einer partiellen Kreuzung der sensiblen Bahn im Rückenmarke in bestem Einklange steht.

---

*) Diese Fasersysteme habe ich sämtlich in Fig. 25 *B* nach der Natur abgebildet; auf demselben Durchschnitt sind auch die centralen Bahnen des medialen und des lateralen Bündels der hinteren Wurzeln, sowie andere Fasern der grauen Substanz dargestellt. Vgl. auch Fig. 41 u. 43, woselbst die Endigung des medialen Bündels der hinteren Wurzel illustriert wird.

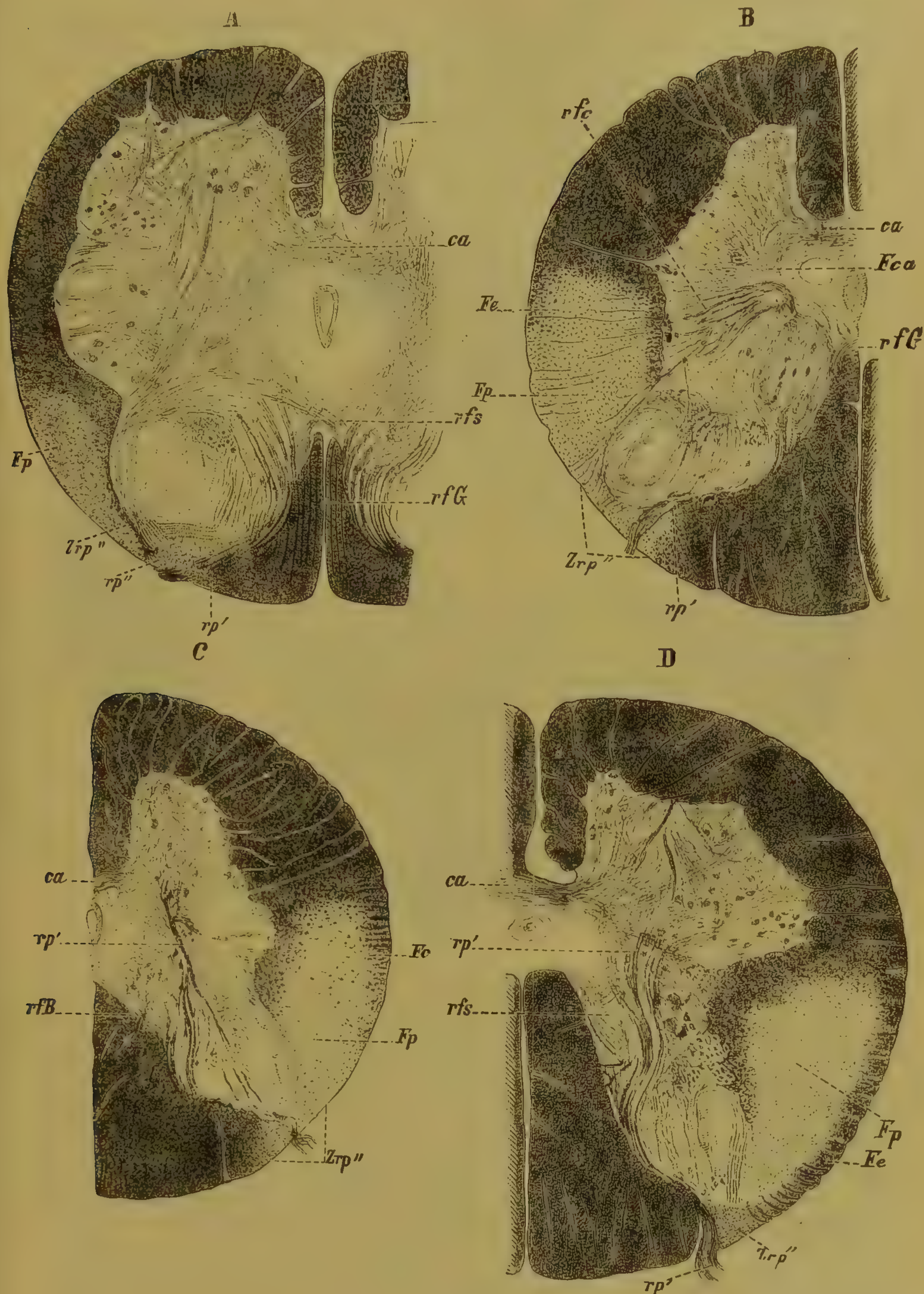



Fig. 25.

Querschnitte durch das Rückenmark eines Neugeborenen. *A* aus dem Sakralmark. *B* aus dem Übergangsteil zwischen Lendenanschwellung und Brustmark. *C* aus dem Brustteil. *D* aus der Halsanschwellung.

*ca* ventrale Kommissur; *Fp* Pyramidenseitenstrangbündel; *Fe* direktes Kleinhirnbündel; *rp′* gröbere mediale Wurzelfasern; *rp″* feinere laterale Wurzelfasern; *Zrp″* äusseres Wurzelgebiet oder Randzone; *rfc* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur Kleinhirnbahn; *Fca* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur vorderen Kommissur; *rfG* Fasern der grauen Substanz zu den Hintersträngen; *rfs* Faserkreuzung in der dorsalen Kommissur. Färbung nach *Weigert*.

Ferner senden jene Zellen, welche am Aussenrande der grauen Substanz zwischen Hinter- und Vorderhorn eine besondere Gruppe bilden, ihre Neuraxonen in der Regel in den Seitenstrang des Markes (Fig. 26 *e, e*).

Die Nervenfortsätze der Vorderhornzellen endlich gehen, soweit sie nicht zu Wurzelfasern werden, einesteils strahlenförmig in die nachbarlichen Teile des Vorderseitenstranges oder das sog. Grundbündel der

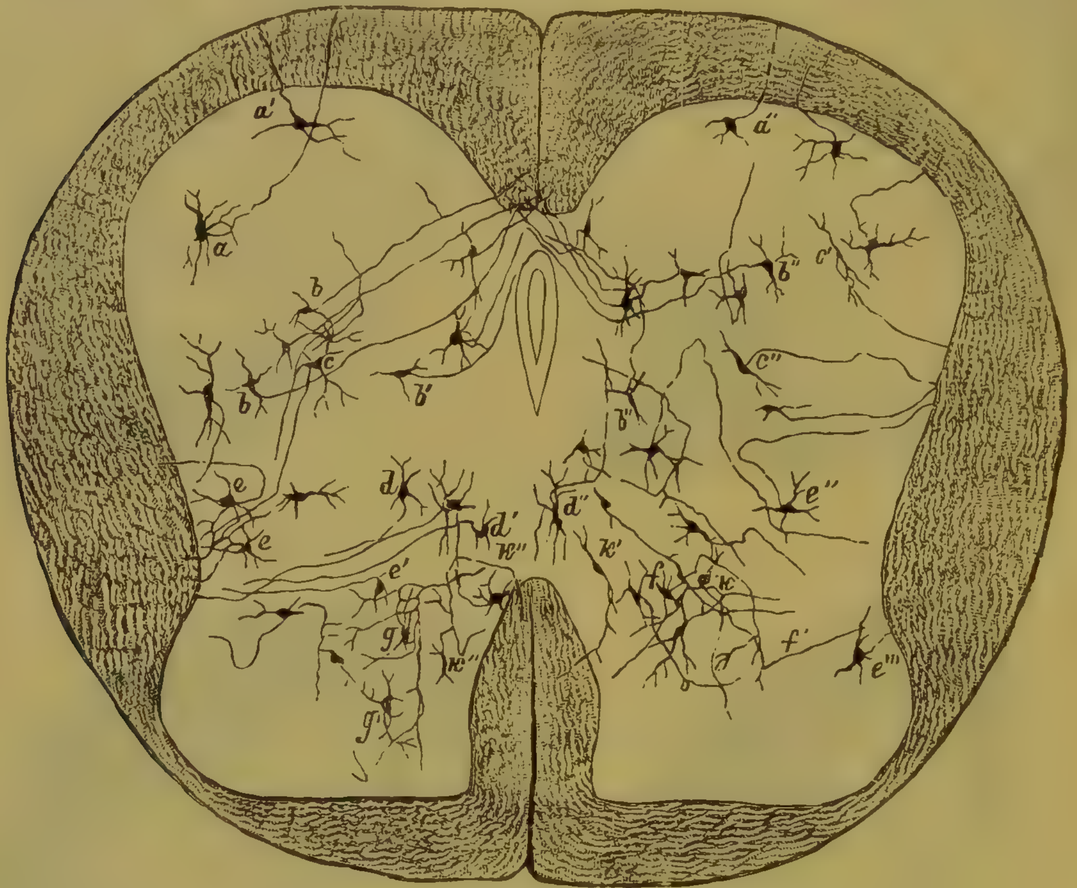


Fig. 26.

**Darstellung der Nervenzellen und ihrer Achsencylinderfortsätze auf einem Querschnitt durch die Lendenanschwellung des Rückenmarkes von einem neugeborenen Kätzchen.** Die Lage der dargestellten Zellen nebst ihren Dendriten, sowie Länge und Verlauf der Achsencylinder genau den natürlichen Verhältnissen entsprechend. Kombiniert nach Präparaten von Dr. *Blumenau*. Behandlung nach der schnellen *Golgi*schen Methode. *a*, *a'*, *a''* Wurzelzellen des Vorderhorns. *b*, *b'*, *b''* Kommissurenzellen. *c*, *c'*, *c''* Strangzellen des Vorderhorns und der mittleren Gruppe, deren Neuraxonen zum Seitenstrang ziehen. *d*, *d'* Zellen der *Klarke*schen Säule, deren Axonen in den Seitenstrang gelangen. *d''* Kommissurenzelle der *Klarke*schen Säule. *e*, *e'*, *e''*, *e'''* Seitenstrangzellen verschiedener Gebiete des Hinterhorns. *f* Hinterhornzelle mit sich teilendem Nervenfortsatz (der Ast *f'* gelangt in den Seitenstrang). *k*, *k'* Nervenzellen des Hinterhorns. *k*, *k'*, *k''* Nervenzellen am Vorderrand des „Rolando" mit geteiltem Achsencylinder, der eine Ast (*k''*) tritt in den Hinterstrang. *g*, *g'* *Golgi*sche Zellen mit verästeltem Nervenfortsatz.

letzteren über, anderenteils gesellen sie sich zur vorderen Kommissur (Fig. 26).

Von den teils zerstreuten, teils vor dem *Rolando* gruppenbildenden Zellen des Hinterhorns, in deren Umgebung insbesondere das laterale Hinterwurzelbündel endet, entspringen zarte Fasern, welche einerseits ventralwärts ziehend die vordere Kommissur aufsuchen, andererseits

sich medio-dorsalwärts wenden und in den Hinterstrang sich einsenken (Fig. 26 $k''$).

In Beziehung auf die übrigen Zellen des Hinterhorns mit Ausnahme der *Golgi*schen Zellen ist schon an einem früheren Orte berichtet worden, dass die Axonen der Grenzzellen der Umgebung des *Rolando* in den hinteren Teil des Seitenstranges eindringen; dagegen senden die Zellen der *Rolando*schen Substanz selbst und die der Spitze des Hinterhorns ihre Nervenfortsätze in den gleichseitigen Hinter-

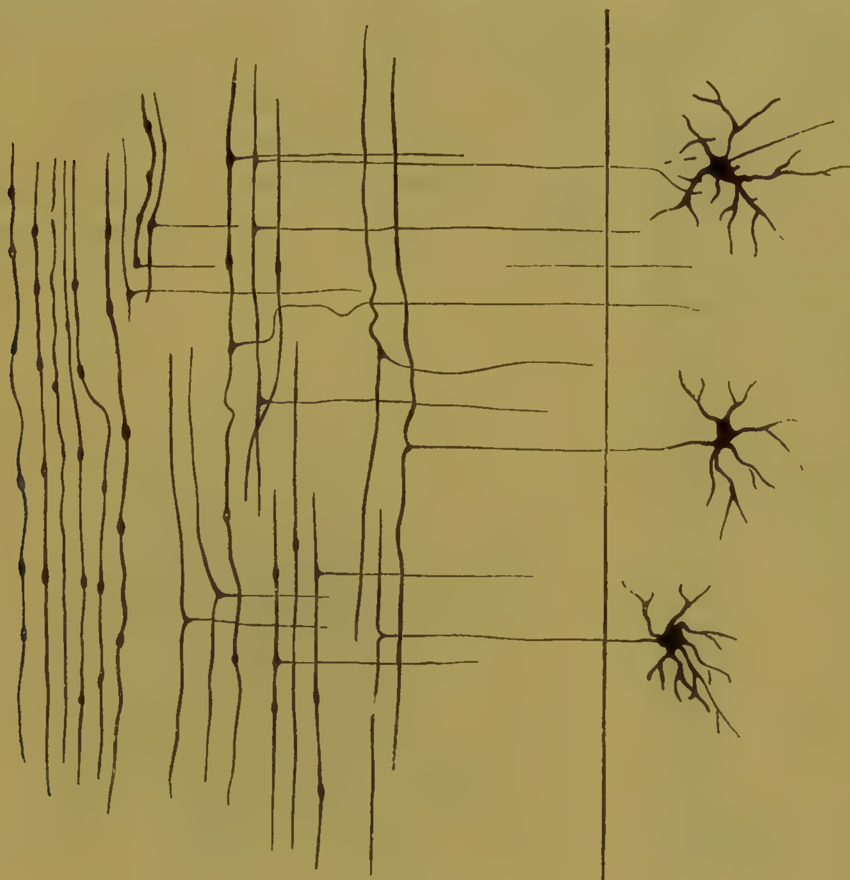


Fig. 27.

Verhalten der Nervenzellen zu den Fasern der Rückenmarksstränge (*Edinger* nach Präparaten von *Ramón y Cajal*).

strang, insbesondere in den *Burdach*schen Strang und in die Randzone.*)

In Nervenzellen des Hinterhornes wurzelt auch ein Teil der Fasern des *Goll*schen Stranges, wovon besonders Durchschnitte aus dem Lenden- und Sakralmark überzeugende Bilder gewähren. Die graue Substanz durchsetzen diese Fasern zumeist in nächster Nähe des me-

*) Die letzterwähnten Zellen, welche sich durch ihre schmale Sternform auszeichnen, haben nach *Cajal* bei Taubenembryonen nicht einen, sondern zwei Fortsätze mit den Charakteren des Nervenfortsatzes. Es steht jedoch dahin, ob es sich hier um ein bestimmtes Entwickelungsstadium handelt, wie dies z. B. bezüglich der ursprünglich bipolaren Elemente der Spinalganglien zutrifft, oder ob eine sei es auch nur bei einigen Tierspezies konstante Besonderheit der fraglichen Zellen vorliegt.

dialen Randes des Hinterhornes (Fig. 25 *D*); in der hinteren Kommissur biegen sie zum Teil auf derselben Seite, zum Teil nach Überschreitung der Mittellinie nahezu genau dorsalwärts um und verlaufen sodann am Septum dorsale im medialen Teil der Hinterstränge, woselbst die *Goll*schen Bündel ja zuerst auftreten.

Ehe ich zur Beschreibung der einzelnen Bestandteile des Markmantels übergehe, kann ich nicht umhin auf die gegenseitigen Beziehungen zwischen Nervenzellen und Strangfasern mit einigen Worten hinzuweisen. Nach den neueren diesbezüglichen Untersuchungen mit der Silberimprägnation des Rückenmarkes erweist es sich, dass viele Fasern der vor-

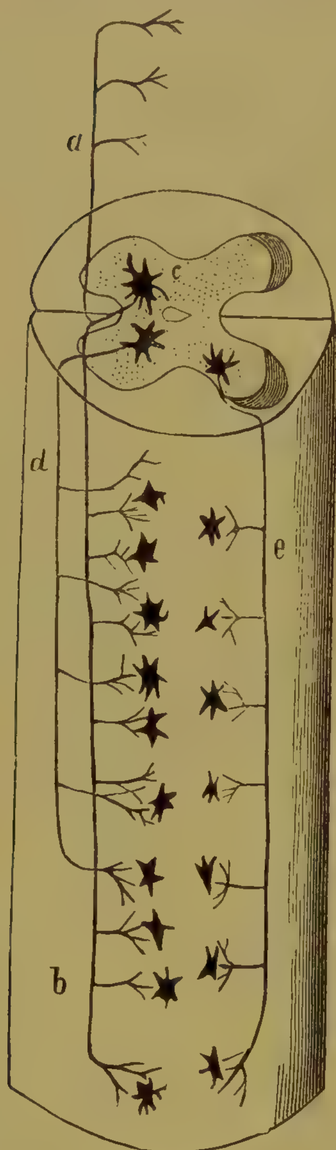


Fig. 28.

*c* Kommissurenzelle, sendet einen Fortsatz in die ventrale Kommissur hinein. *a* und *b* auf- und absteigender Ast dieses Fortsatzes, von welchen Kollateralen zu anderen Kommissurenzellen sich abzweigen. *d* ungekreuzter Fortsatz einer Kommissurenzelle, welcher Kollateralen zu Kommissurenzellen benachbarter Querschnitte entsendet.


Fig. 29.

Querschnitt durch das Lendenmark eines 2 tägigen Hundes. Imprägnation der Kollateralen des Vorderseitenstranges, der Fasern der vorderen Kommissur, der sensiblen Kollateralen und eines Teiles der hinteren Kommissur. Nach *van Gehuchten*.

deren, seitlichen und hinteren Stränge aus Neuraxonen von Zellelementen der grauen Substanz, sog. Strangzellen, sich entwickeln und während ihres Verlaufes unter rechten Winkeln Kollateralen zur grauen Substanz hin abgeben (Fig. 27); hier splittern sich die Kollateralen sodann in freie Endbäumchen auf, welche ihren Ursprungszellen analoge Elemente

anderer Rückenmarksebenen umspinnen. Die Strangfasern selbst verlieren sich mit ihren Enden ebenfalls in der grauen Substanz und endigen in derselben Weise wie ihre Kollateralen, indem sie sich in der Umgebung von Strangzellen in feinste Endpinsel auflösen.

Durch Anhäufung zahlloser Endbäumchen von Strangfasern und von Kollateralen solcher im Verein mit grossen Mengen von Zellfortsätzen und Endbäumchen hinterer Wurzelfasern entsteht eben jenes zwischen den Zellen des Markes eingelagerte dichte Fasergeflecht (Fig. 29). Eingehendere Untersuchungen haben ergeben, dass letzteres abgesehen von Neurogliafasern und Dendriten sich zusammensetzt 1. aus Nervenfortsätzen, die sich bereits in der grauen Substanz verästeln oder zu Strangfasern werden, 2. aus Kollateralen, welche einige Nervenfortsätze während ihres Durchganges durch die graue Substanz abgeben, 3. aus Endbäumchen von Axonen, welche aus den hinteren Wurzeln und aus den Strängen herkommen, endlich 4. aus Kollateralen von Strangfasern.

Es wäre hier noch hervorzuheben, dass einige Nervenfortsätze bei ihrem Eintritte in den Markmantel in auf- und absteigende Äste sich teilen (Fig. 27) und von letzteren aus Kollateralen in die graue Substanz zurücksenden. Ein derartiges Verhalten ist sowohl in den Vordersträngen, als auch in den Hintersträngen nichts seltenes.*)

Gewisse Zellen lassen ferner, wie wir sahen, ihren Nervenfortsatz in die vordere Kommissur übergehen; in solchen Fällen zerfällt letzterer im entgegengesetzten Vorderstrang gleichfalls in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast oder er verläuft hier unverästelt nach oben bezw. nach unten (Fig. 28).**)

Von den Kollateralen, welche wie von *Flechsig* zuerst nachgewiesen noch mit einer zarten Markhülle bekleidet sind, ist im besonderen zu bemerken, dass sie nirgends miteinander Verbindungen eingehen, sondern überall ihre Selbständigkeit bewahren. Die Kollateralen der Vorderstränge verlieren sich zum Teil zwischen den Zellen der Vorderhörner (Fig. 19 *B*); andere dringen bis zur Basis des Hinter-

---

*) Neuere Beobachtungen weisen darauf hin, dass auch Dendriten von Nervenzellen wenigstens bei niederen Wirbeltieren (wie z. B. beim Frosche) ähnlich den Neuraxonen in Fasern der Stränge übergehen können (*Kölliker, Lawdowski*). Nach *Ramón y Cajal* erklärt sich indessen das Auftreten von Dendriten in den Strängen dadurch, dass in letzteren auch Kollateralen und Endverästelungen von Nervenfasern vorkommen, mit welchen dann die erwähnten Dendriten hier in Verkehr treten.

**) *Golgi* und nach ihm *v. Lenhossék* (Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane. Wiesbaden 1894) beschreiben im Rückenmarke Kommissurenzellen, deren Nervenfortsatz in der anderseitigen grauen Substanz ohne die Grenzen der letzteren zu überschreiten in seine Endverästelung übergeht. Solche Zellen können offenbar nur die Bedeutung haben, dass sie die Leitung auf Zellen der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte übertragen.

horns vor, noch andere gehen (wenigstens bei Tieren, Fig. 19 *C*) in die vordere Kommissur über. Die Kollateralen des Seitenstranggrundbündels verschwinden vorzugsweise in der centralen grauen Substanz. Am längsten sind die Kollateralen der hinteren Teile des Seitenstranges, die zur hinteren Kommissur gehen (Fig. 19 *E*), sowie diejenigen der Pyramidenstränge, welche die Wurzelzellen des Vorderhornes aufsuchen. Die Kollateralen der Hinterstränge endlich sammeln sich zu Bündeln, von welchen die einen sich in der grauen Kommissur kreuzen und den dorsalsten Teil derselben bilden (Fig. 19 *D*; Fig. 25 *A*), während andere in die *Klarke*schen Säulen übergehen und noch andere die *Rolando*sche Substanz durchsetzend teils in das prärolandische Fasergeflecht aufgehen, teils das Vorderhorn erreichen (Fig. 19 *H*; Fig. 25 *D*).



Fig. 30. Sekundäre aufsteigende und absteigende Degeneration im Rückenmark. (Nach *Strümpell.*)

Die in Rede stehenden Fasern stellen zweifellos sog. kurze oder Associationsbahnen vor, welche in sämtlichen Strängen des Markes reichlich vertreten sind. Was die längeren Fasern mit auf- und absteigendem Verlauf betrifft, so gelangen sie durch Vermittelung ihrer zahlreichen Kollateralen augenscheinlich in ähnliche Beziehungen zu den Nervenzellen, wie die kürzeren Bahnen. Die aufsteigenden Systeme, wie z. B. das direkte Kleinhirnbündel, entwickeln sich unmittelbar aus Nervenfortsätzen von Zellen der grauen Substanz; die absteigenden Bahnen dagegen, wie die Pyramidenstränge, enden in der grauen Substanz mittelst freier Ramifikationen in nächster Umgebung von Nervenzellen.

Einiger Worte bedarf es noch über die Bestandteile der weissen oder vorderen Kommissur des Rückenmarkes.

Die vorhandenen Thatsachen weisen auf eine Zusammensetzung der vorderen Kommissur aus sehr heterogenen Faserzügen hin. Wir finden in derselben ausser Wurzelfasern

1. Dendriten von Wurzelzellen und von Kommissurenzellen der Vorderhörner.

2. Fasern aus den *Klarke*schen Säulen, welche als centrale Bahnen der hinteren Wurzeln erscheinen.

3. Fasern, welche aus anderen Kommissurenzellen der grauen Substanz hervorgehen und offenbar ebenfalls centrale Bahnen der Hinterwurzeln und gleichzeitig die Anfänge der longitudinalen Vorderseitenstrangsysteme der anderen Seite darstellen.

4. Kollateralen von Vorderseitenstrangfasern, welche zur contralateralen grauen Substanz hinziehen.*)

Über die Bestandteile der weissen Substanz, soweit es sich um die topographische Verteilung der darin enthaltenen Stränge und den relativen Umfang der letzteren in den verschiedenen Höhen des Rückenmarkes handelt, gewährt die Untersuchung der Entwickelung und der sekundären Degenerationen die lehrreichsten Aufschlüsse. Beide Methoden führen zu einer Zergliederung des Markmantels in einzelne Stränge oder Leitungssysteme. Sowohl die entwickelungsgeschichtliche Methode, wie die der Degenerationen lässt mit gleicher Schärfe die einzelnen Systeme und Bündel von der Umgebung abtrennen; Länge und Verlauf der Fasern hingegen können im wesentlichen nur mit Zuhilfenahme des letztgenannten Verfahrens genauer ermittelt werden.

Von den Strängen der weissen Substanz bestehen die einen aus kurzen Fasern; sie stellen intersegmentale Verbindungen der grauen Substanz vor. Die anderen enthalten lange Fasern und verknüpfen das Rückenmarksgrau teils mit gewissen Kernen der Medulla oblongata (*Goll*sche Hinterstränge), teils mit dem Kleinhirn und den Hemisphären des Grosshirns (direktes Kleinhirnbündel, Pyramidenvorder- und Pyramidenseitenstrangbahn).

Die Beschreibung der weissen Substanz des Rückenmarkes geht zweckmässig von dessen hinteren Strängen aus.

Hier unterscheidet man schon in der älteren Anatomie zwei grosse Bündel. Das eine lehnt sich an das Septum dorsale, hat auf Querschnitten die Form eines Keiles mit lateraler Basis und heisst medialer Hinterstrang oder *Goll*scher Strang (Fig. 37 *fg*, *gi*, *gl*). Das andere umfasst den Rest des Hinterstranges und wird als lateraler Hinterstrang oder *Burdach*scher Strang (Fig. 37 *brs*, *bpa*, *bpm*) bezeichnet. Beide sind in den oberen Teilen des Markes in der Regel durch ein feines bindegewebiges Septum voneinander getrennt und unterscheiden sich äusserlich durch die Stärke ihrer Fasern: die *Goll*schen Stränge enthalten stets grosse Mengen verhältnismässig feiner Fasern von durchweg gleichmässigem Kaliber, während die *Burdach*schen Fasern von sehr verschiedener Dicke sind, vorwiegend aber zu den gröberen gehören.

Schon mit Rücksicht auf diesen letzteren Umstand, zu welchem noch andere Überlegungen hinzukommen, sehe ich mich veranlasst, verschiedenen gegenteiligen Ansichten gegenüber zu betonen, dass in den *Goll*schen Strängen ausser einer Anzahl von Fasern, die ihnen mit den

*) Die vielfach angenommene Kreuzung der Pyramidenvorderstränge in der ventralen Kommissur wird durch Untersuchungen mittelst des *Golgi*schen Verfahrens nicht bestätigt.

*Burdach*schen Strängen gemeinschaftlich sind, auch durchaus selbständige Systeme vorkommen. Hierfür spricht u. a. die Thatsache, dass viele Fasern der zarten Stränge sich bedeutend später ummarken, als die Keilstränge.

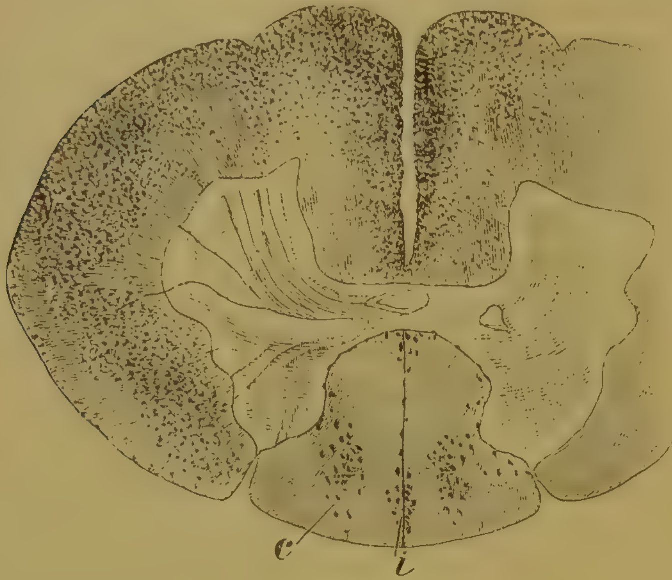



Fig. 31.
Rückenmark vom Hunde, nach totaler Durchschneidung im Niveau des VIII. Brustwirbels, 1 cm unterhalb der Durchschneidungsstelle. Nach einem Präparat von *Dobrotworski*.
*c* Kommaförmige Degeneration im Hinterstrange; *i* Degeneration des medio-marginalen Bündels. Behandlung nach der Methode von *Marchi*.

In Fällen von pathologischer Kompression oder Zerstörung der Rückenmarkssubstanz bietet in der Regel der gesamte Hinterstrang Erscheinungen aufsteigender Degeneration dar, jedoch geht diese in den *Goll*schen Strängen bis zum Nucleus funiculi gracilis des verlängerten Markes, während entartete *Burdach*sche Fasern nur eine verhältnismässig kurze Strecke aufwärts vom Orte der Läsion nachweisbar sind (Fig. 31, 32, 33). Ausserdem giebt es Beobachtungen, welche daraufhindeuten, dass die *Burdach*schen und zum Teil sogar die *Goll*schen Stränge auch in absteigender Richtung degenerieren können (s. unten).

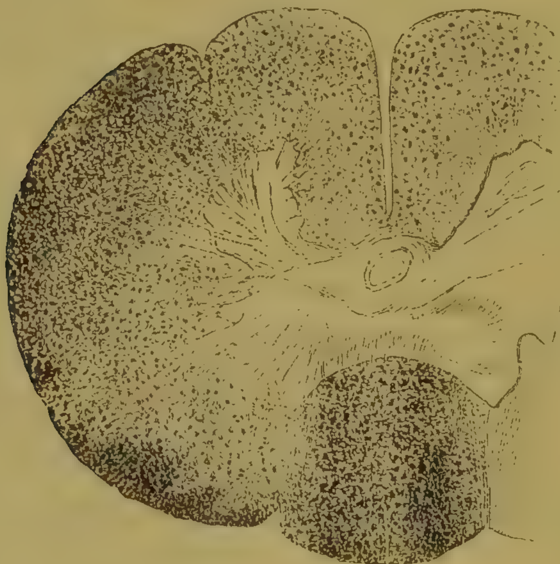


Fig. 32.
Rückenmark vom Hunde, nach totaler Durchschneidung in der Höhe des VIII. Brustwirbels, $1/2$ cm aufwärts vom Orte der Durchschneidung.
Nach einem Präparat von *Dobrotworski*. Behandlung nach der Methode von *Marchi*.

Es ergiebt sich hieraus der Schluss, dass die zarten Stränge vorwiegend aus langen Bahnen bestehen, welche zum grossen Teil ununterbrochen bis zu den gleichnamigen Kernen der Oblongata emporsteigen, dass die Keilstränge hingegen der Hauptsache nach ein Gefüge

kürzerer Fasern darstellen. Beide Stränge enthalten übrigens, wie erwähnt, bis zu einem gewissen Grade Fasern von gleichem Ursprung. Dies erhellt zweifellos aus jenen Fällen, wo nach Durchschneidung hinterer




Fig. 33.

Aus dem Halsmark des Hundes, nach kompleter Durchschneidung des Brustmarkes. (Nach einem Präparate von *Dobrotworski*.)

*fg* Degeneration in den *Goll*schen Strängen; *fc* degenerierte Kleinhirnseitenstrangbahn; *al* Fasciculus antero-lateralis, entartet. Behandlung nach *Marchi*.

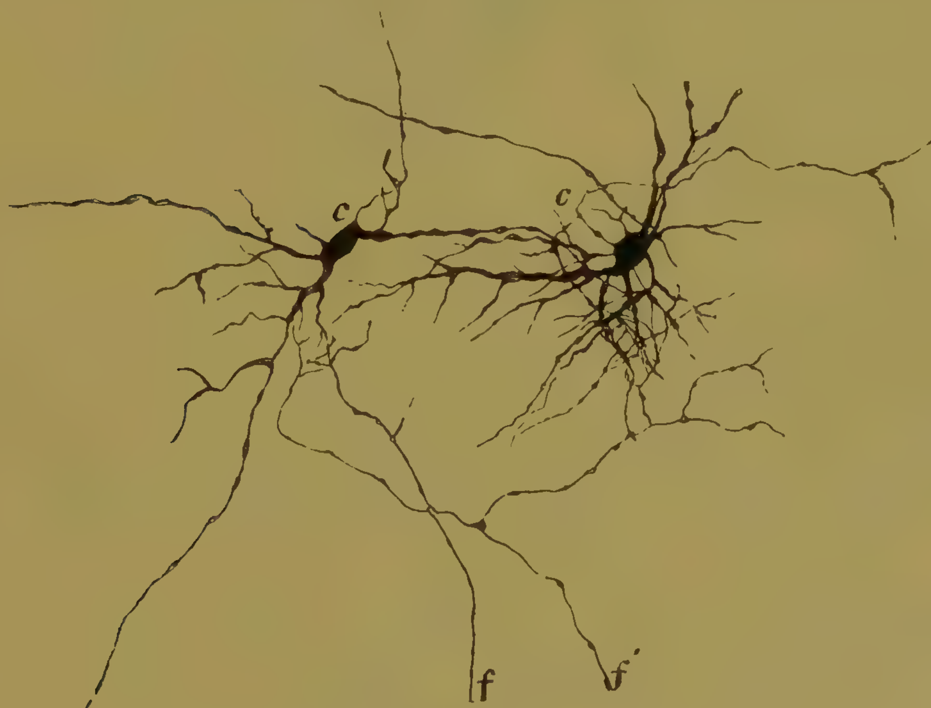



Fig. 34.

**Endverästelung von Kollateralen der Hinterwurzeln um Zellen der centralen Gruppe der grauen Substanz.** *f*, *f'* Kollateralen von Hinterwurzelfasern; c, *c* Nervenfortsätze. Rückenmark einer 4monatigen Frucht. Behandlung nach *Golgi*.

Wurzeln eine sekundäre aufsteigende Hinterstrangdegeneration beobachtet wurde, welche allmählich mehr und mehr medianwärts rückte, um in höheren Querschnittsebenen schliesslich ganz aus den *Burdach*schen in

die *Goll*schen Stränge überzugehen. Die *Burdach*schen Stränge bestehen ferner nicht ausschliesslich aus kurzen, sondern zum Teil auch aus langen Bahnen, doch gehen letztere sehr bald in den Funiculus gracilis über.

Rücksichtlich der Lage der Wurzelfasern in den Hintersträngen lehren neuere Untersuchungen, dass jede neu eintretende Wurzel stets lateralwärts von den bereits eingetretenen zu liegen kommt und letztere medianwärts verdrängt. So erklärt sich die Erscheinung, dass die Fasern

Fig. 35.

**Querschnitt durch das Übergangsgebiet der Medulla spinalis in die Medulla oblongata innerhalb der Pyramidenkreuzung.**

*f. l. a.* Fissura longitudinalis anterior, durch die sich kreuzenden Pyramidenbündel (*py*, *py*¹) seitlich verschoben; *d* Pyramidenkreuzung; *V* Vorderstrang; *C. a.* Vorderhorn mit seinen Ganglienzellengruppen *a* und *b*; *cc* Centralkanal; *S* Seitenstrang; *f. r.* Formatio reticularis; *ce* Hals, *g* Kopf des Hinterhorns; *r. p. C. I.* hintere Wurzel des ersten Cervikalnerven; *n. c.* erste Andeutung des Nucleus funiculi cuneati: *n. g.* Nucleus funiculi gracilis; *H*¹ Funiculus gracilis; *H*² Funiculus cuneatus; *s. l. p.* Sulcus longitudinalis posterior; *x* Ganglienzellengruppe in der Basis des Hinterhorns.

aus den unteren Extremitäten im Halsmark vorwiegend in den zarten Strängen verlaufen, während die Keilstränge hier noch viele Fasern aus den oberen Gliedmassen einschliessen. Hierbei ist nicht zu vergessen, dass in den proximalen Teilen des Markes überhaupt nur wenig Fasern aus distalen Gegenden anzutreffen sind; die Mehrzahl der letzteren biegt schon vor Erreichung der Oblongata in die graue Substanz um, und von hier gelangen dann in die Hinterstränge weitere Fasern, welche offenbar die in der grauen Substanz unterbrochenen Hinterwurzeln centralwärts fortzusetzen bestimmt sind. In Übereinstimmung damit steht u. a. die Beobachtung, dass das Degenerationsfeld einer

durchschnittenen Wurzel aufwärts nicht allein allmählich nach innen rückt, sondern gleichzeitig auch stetig an Grösse einbüsst.

Auf entwickelungsgeschichtlichen Grundlagen habe ich bereits vor Jahren in den *Burdach*schen Strängen zwei besondere Teile unterschieden, nämlich einen ventro-lateralen (Fig. 37 *bpm*, *bpa*) und einen peripheren oder dorsalen (Fig. 37 *brs*) Abschnitt. Jener ummarkt sich vor allen anderen Teilen der Hinterstränge, dieser nicht vor dem 6.—7. Foetalmonat (Fig. 36).

Späterhin hat *Flechsig* mit Hilfe der Markscheidenmethode im Keilstrang noch eine weitere mittlere Zone nachgewiesen (Fig. 37 *bpa*), welche ich auf Grundlage eigener Präparate zu bestätigen vermag (Fig. 39).*) Sie enthält nach *Flechsig* Wurzelfasern von kurzem Verlaufe, welche schliesslich in die *Klarke*sche Säule eintreten. Die einzelnen Teile des *Burdach*schen Stranges nennt *Flechsig* Wurzelzonen und unterscheidet eine vordere, meiner ventrolateralen entsprechende, eine mittlere und eine hintere Wurzelzone. Übrigens ist bereits im früheren darauf hingewiesen worden, dass in den Keilsträngen ausser den Wurzeln noch eine Reihe von Fasern enthalten ist, welche zur Verbindung von übereinander liegenden Teilen der Hinterhörner dienen. Dies bestätigen auch *Golgi*sche Präparate, wenigstens finde ich an solchen gar nicht selten, dass ein Teil der Hinterhornzellen seine Neuraxonen in den *Burdach*schen Strang eindringen lässt (Fig. 42).



Fig. 36.

Querschnitt durch das Rückenmark einer 7monatigen menschlichen Frucht. In den Hintersträngen sind markhaltig die *Burdach*schen Stränge ausschliesslich der dorsalen Zone (*a*), sowie die *Goll*schen Stränge neben dem Septum dorsale. Färbung nach *Weigert*.

Die relative Ausprägung und die Dimensionen der genannten *Burdach*schen Zonen sind, wie meine bezüglichen Untersuchungen erkennen lassen, in den verschiedenen Gegenden des Markes wesentlichen Schwankungen unterworfen, doch möchte ich von einer näheren Erörterung dieser Verhältnisse für einmal noch Abstand nehmen.

---

*) Die Lage der in Rede stehenden Zone im Keilstrange ergiebt sich unschwer durch Vergleichung der markhaltigen Gebiete des Hinterstranges in Fig. 36 und 39; dort ist die mittlere Zone bereits markhaltig, hier dagegen erscheint sie noch grösstenteils marklos.

Dem lateralsten Teil des *Goll*schen Stranges benachbart findet sich im Bereiche des *Burdach*schen Stranges ein schmaler Markstreifen, die Zwischenzone (Fig. 40 *gl*). Die Fasern derselben werden von allen Teilen der Hinterstränge am spätesten markhaltig. Die Zwischenzone entspricht nicht ganz der Grenze zwischen *Goll*schem und *Bur-*

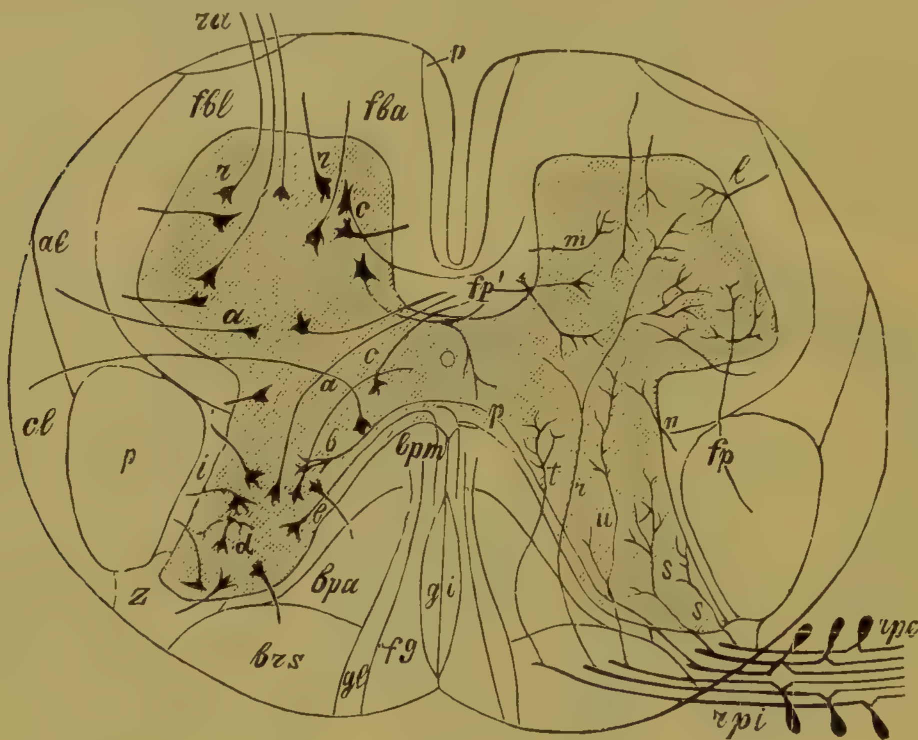



Fig. 37.

Schema des Ursprunges und der Endigung der Nervenwurzeln in der grauen Substanz des Rückenmarkes und der Verteilung der Nervenzellen in letzterer. *rpe* laterale hintere Wurzeln. *rpi* mediale hintere Wurzeln. *p* (in der Mitte der Figur) Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser welche durch die dorsale Kommissur auf die andere Seite tritt. *t* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur *Klarke*schen Säule. *r* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zum Vorderhorn. *u* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur centralen grauen Substanz bezw. zur centralen Zellgruppe des Rückenmarkes. *s* Kollateralen hinterer Wurzelfasern zum Hinterhorne. *n* eine Faser der Grenzschicht, in der grauen Substanz endend. *fp*, *fp'* Fasern aus dem ventralen und lateralen Pyramidenstrange zu Zellen des Vorderhornes. *l* eine Faser aus dem Grundbündel des Seitenstranges und *m* eine solche aus dem Grundbündel des Vorderstranges nach ihrem Eintritt in die graue Substanz. *c*, *c* Kommissurenzellen. *r*, *r* Wurzelzellen. *a*, *a* Seitenstrangzellen. *b*, *b* Zellen der Hinterstränge. *d* *Golgi*sche Zelle mit kurzem Nervenfortsatz. *fg* zarter oder *Goll*scher Strang. *gi* am dorsalen Septum angrenzender Teil des *Goll*schen Stranges. *gl* Zwischenschicht; *brs*, *bpa*, *bpm* hinterer, mittlerer und vorderer Abschnitt des *Burdach*schen Stranges. *Z* äusseres Wurzelgebiet (Randzone). *p* (links) Pyramidenseitenstrang. *p'* Pyramidenvorderstrang. *cl* Kleinhirnseitenstrang. *al* *Gowers*ches Bündel oder Fasciculus antero-lateralis. *i* mediales Bündel des Seitenstranges. *fbl* Grundbündel des Seitenstranges. *fba* Grundbündel des Vorderstranges. *ra* ventrale Wurzeln.

*dach*schem Strang, vielmehr liegt sie zumeist im Gebiete des letzteren und zeigt lateral einen bogen- oder kommaförmigen Contour.

Im verlängerten Marke endigen die *Burdach*schen Bündel in den gleichnamigen Kernen, indem sie sich hier in der Nachbarschaft der Zellen in ihre Endbäumchen aufsplittern.

Sehr merkwürdig ist die Erscheinung, dass in gewissen pathologischen Fällen, besonders bei der Tabes dorsalis, nicht selten nur

eine der geschilderten *Burdach*schen Wurzelzonen ergriffen ist, während die übrigen unversehrt bleiben (Fig. 44). Je nach dem Grade seiner Entwickelung kann der pathologische Prozess entweder nur die mittlere oder nur die hintere oder die beiden letzteren zusammen, ja den ganzen Hinterstrang in Mitleidenschaft ziehen.



Fig. 38.

Rückenmark vom Hunde, nach totaler Durchschneidung in der Höhe des VIII. Brustwirbels, 1—1½ cm oberhalb der Läsion. Nach einem Präparat von *Dobrotworski*. Behandlung nach der Methode von *Marchi*.

In pathologischen Fällen können die *Burdach*schen Stränge aber, wie schon erwähnt, auch in absteigender Richtung degenerieren. In dieser Beziehung ist man neuerdings auf die sog. kommaförmige Hinterstrangdegeneration aufmerksam geworden, die in den Fällen von *Schultze**), *Tooth*, *Daxenberger***) und anderer zur Beobachtung gelangte (Fig. 52). Dieselbe stellt sich als eine Degeneration der vorhin beschriebenen



Fig. 39.

Querschnitt des Rückenmarkes eines 5 bis 6monatigen menschlichen Foetus. Markhaltig ist in den Hintersträngen nur die antero-laterale Zone des Keilstranges. *Weigert*sche Färbung.

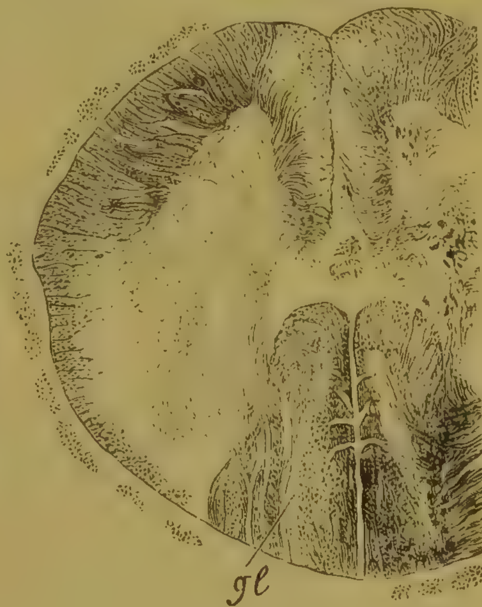



Fig. 40.

Aus dem Rückenmark einer achtmonatigen menschlichen Frucht. Im Hinterstrange ist nur noch die Zwischenzone (*g*) nicht vollständig markhaltig. Behandlung nach *Pal*.

Zwischenzone dar. *Schultze* fand bei der Untersuchung von Rückenmarkläsionen, dass die kommaförmige Degeneration sich niemals mehr

*) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten. Bd. XIV, S. 379 ff.

**) Deutsche Zeitschrift f. Nervenheilkunde Bd. IV, Heft 1 und 2, S. 148.

als in einer Ausdehnung von 2,5 cm abwärts ausbreitet und überhaupt die Ebene des nächsten Wurzelpaares nicht überschreitet. In einem Falle habe ich selbst kommaförmige Degeneration der Hinterstränge im Halsmark beobachtet; in anderen Fällen blieb diese Gegend des Rückenmarkes bei Entartung des grössten Teiles der Hinterstränge unversehrt. Sehr lehrreiche Fälle dieser Art sind bei der Tabes dorsalis zu beobachten.

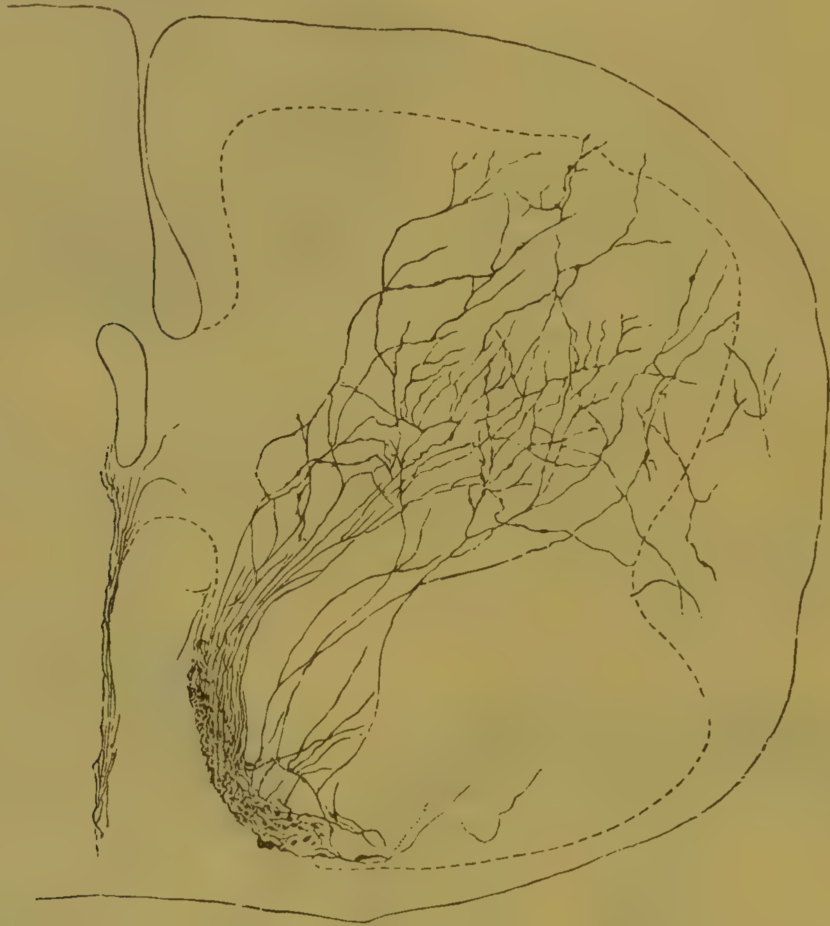


Fig. 41.

Endigung von Kollateralen der Hinterwurzeln in der centralen grauen Substanz und im Vorderhorne. Rückenmark von einem 4monatigen menschlichen Embryo. Behandlung nach *Golgi*.

*Dobrotworski* und *Lazurski* sahen in meinem Laboratorium kommaförmige absteigende Degeneration nach Rückenmarksdurchschneidung bei Hunden auftreten (Fig. 38). Die Degeneration hatte auch hier nur eine kurze Ausdehnung; bei Durchschneidung des Markes zwischen VIII. und IX. Brustwirbel ging sie abwärts nicht über die Wurzel des XII. Brustnerven hinaus.

In Betreff der absteigenden Degeneration in den Hintersträngen gehen jedoch die Ansichten der Autoren noch zum Teil auseinander. *Schultze*, welcher diesen Verhältnissen zuerst genauer nachgegangen ist, nachdem schon vor ihm *Westphal*, *Strümpell*, *Kahler* und *Pick* auf dieselben aufmerksam gemacht hatten, beschreibt eine absteigende komma-

förmige Degeneration der *Burdach*schen Stränge, welche dem medialen Rande des Hinterhornes parallel laufe, von diesem aber durch eine Schicht weisser Markfasern getrennt sei und auch in ventro-dorsaler Richtung weder bis zur hinteren Kommissur noch bis zum Rande der Hinterstränge gelange. In völliger Übereinstimmung damit steht nur die Darstellung von *Tooth;* in den Fällen von *Daxenberger*, *Berdez*

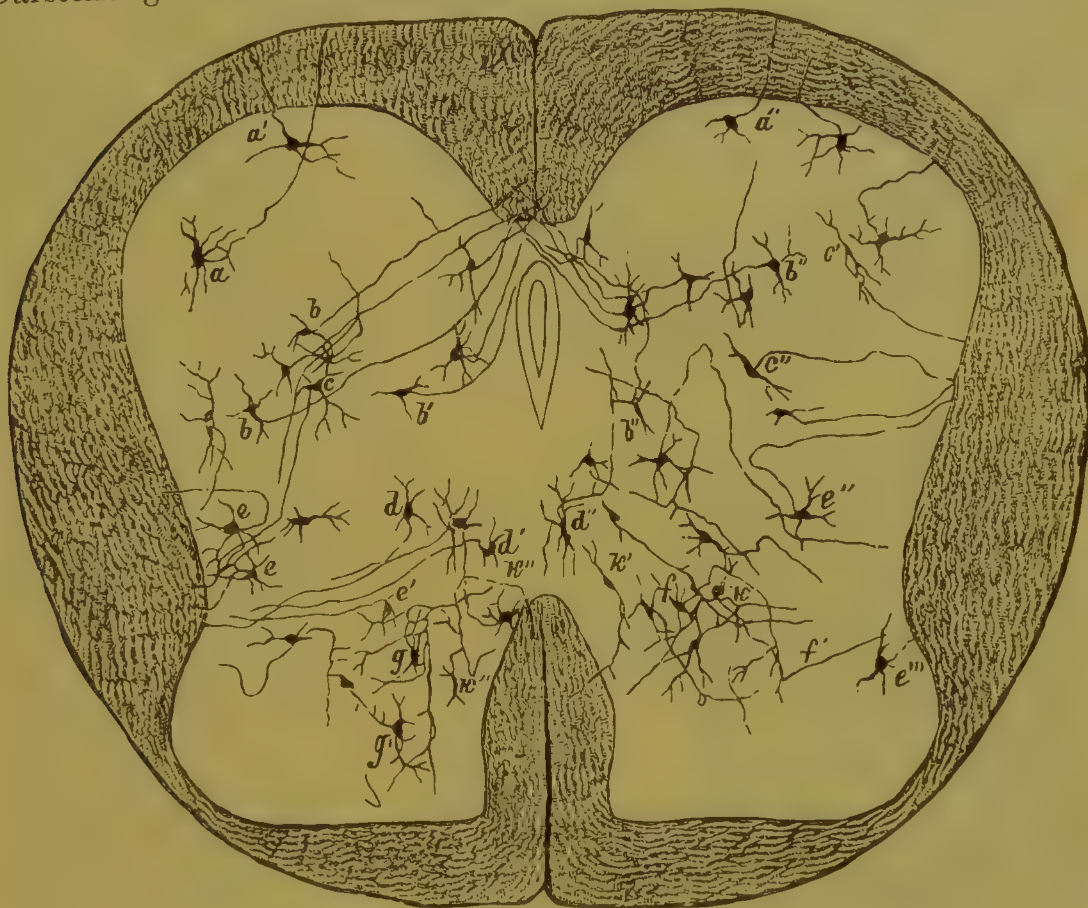



Fig. 42.

Darstellung der Nervenzellen und ihrer Achsencylinderfortsätze auf einem Querschnitt durch die Lendenanschwellung des Rückenmarkes von einem neugeborenen Kätzchen. Die Lage der dargestellten Zellen nebst ihren Dendriten, sowie Länge und Verlauf der Achsencylinder genau den natürlichen Verhältnissen entsprechend. Kombiniert nach Präparaten von Dr. *Blumenau*. Behandlung nach der schnellen *Golgi*schen Methode. *a*, *a'*, *a''* Wurzelzellen des Vorderhorns. *b*, *b'*, *b''* Kommissurenzellen. *c*, *c'*, *c''* Strangzellen des Vorderhorns und der mittleren Gruppe, deren Neuraxonen zum Seitenstrang ziehen. *d*, *d'* Zellen der *Klarke*schen Säule, deren Axonen in den Seitenstrang gelangen. *d''* Kommissurenzelle der *Klarke*schen Säule. *e*, *e'*, *e''*, *e'''* Seitenstrangzellen verschiedener Gebiete des Hinterhorns. *f* Hinterhornzelle mit sich teilendem Nervenfortsatz (der Ast *f'* gelangt in den Seitenstrang). *k*, *k'* Nervenzellen des Hinterhorns. *k*, *k'*, *k''* Nervenzellen am Vorderrand des „Rolando" mit geteiltem Achsencylinder, der eine Ast (*k''*) tritt in den Hinterstrang. *g*, *g'* *Golgi*sche Zellen mit verästeltem Nervenfortsatz.

*Schmaus*, *Bruns* und *Schäffer* hingegen erstreckte sich das Degenerationsfeld viel weiter sowohl nach vorn als auch nach hinten, hier — bis in die Nähe der dorsalen Kommissur, dort — bis zum Rande oder doch bis zum hinteren Abschnitt der *Burdach*schen Stränge (*Daxenberger*). Meine eigene Beobachtung lehnt sich bezüglich der Ausbreitung der Degeneration in dorso-ventraler Richtung an die Fälle von *Schultze* und *Tooth* an.

Es ist indessen heute noch nicht möglich mit völliger Sicherheit zu entscheiden, wie die fraglichen Differenzen des Umfanges der absteigenden Degeneration in den Hintersträngen zu erklären sind. Eine Hauptrolle spielt hier meines Erachtens die Höhe der Läsionsstelle. Es ist klar, dass die Ausbreitung der Degeneration in höheren Abschnitten des Markes nicht dieselbe sein kann, wie in tieferen; ebenso wird sich die Gegend der Anschwellungen in dieser Beziehung von den übrigen Rückenmarksteilen unterscheiden. Auch die Art der Behandlung der Präparate (*Weigert*, *Marchi*) kann hier mit von Bedeutung sein.



Fig. 43.

**Rückenmark einer 4monatigen menschlichen Frucht.** Behandlung nach *Golgi.* Verästelung von Kollateralen des medialen Hinterwurzelbündels vor dem *Rolando* und in der centralen grauen Substanz. Die Fasern am Septum dorsale sind Fortsätze von Epithelialzellen des Centralkanales.

Neben der kommaförmigen Degeneration fanden *Daxenberger* und *Schäffer* (Fall II) eine Faserdegeneration in den *Goll*schen Strängen zu beiden Seiten des Septum (Fig. 52). Dagegen bestand im ersten Fall *Schäffer*s absteigende Degeneration sämtlicher Teile der Hinterstränge mit Ausnahme des erwähnten medialen Abschnittes.*)

*Berdez* vermochte durch Versuche zu eruieren, dass auch bei ausgedehnter Durchschneidung der Wurzeln der mediane dem Septum posterius angrenzende Bezirk der Hinterstränge

*) Übrigens konstatierte der letztgenannte Autor in den Hintersträngen auch eine ganz analoge Degeneration in aufsteigender Richtung. Er erklärt diesen scheinbaren Widerspruch mit der üblichen Anschauung über die Degenerationen in den Hintersträngen durch Mängel des *Weigert*schen Untersuchungsverfahrens, welches nur abgelaufene Degenerationsprozesse aufdeckt, während frische Degenerationen bei dieser Methode unerkannt bleiben. Da nach *Schäffer* die verschiedenen Stränge im Rückenmarke nicht gleichzeitig entarten, so erscheint es geboten die Degenerationen gleichzeitig nach *Weigert* und nach *Marchi* zu untersuchen. Ungewöhnliche aufsteigende und absteigende Degenerationen beobachtete auch *Worotyński* gelegentlich der

von der Degeneration verschont bleibt, und er schliesst hieraus, dass die Fasern der genannten Gegend aus der grauen Substanz herkommen. Diese Behauptung ist übrigens noch weiterer Sichtung bedürftig. Von anderen Autoren *(Flatau)* ist im Gegensatz zu *Berdez* nach Durchschneidung hinterer Wurzeln sowohl kommaförmige Degeneration, als auch solche in der Umgebung des Septum posterius beobachtet worden. Ich vermag dies auf Grundlage eigener Studien an Präparaten von *W. Reimers* (mein Laboratorium) zu bestätigen.

Andererseits beobachtet man nach Durchschneidungen des Rückenmarkes bei Tieren, sowie nach Läsionen desselben beim Menschen nicht nur kommaförmige absteigende Degeneration der Zwischenzone des Hinterstranges, sondern auch absteigende Entartung der Nachbarschaft des Septum posticum, ein Verhalten, welches zu

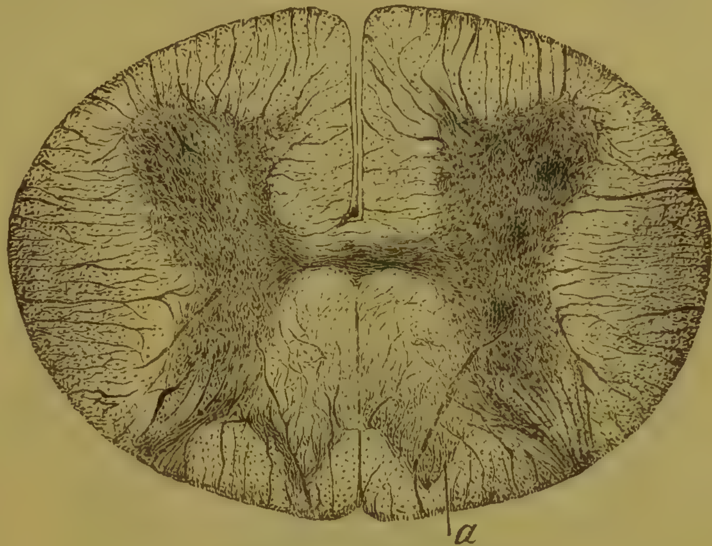



Fig. 44.
Rückenmark eines Tabeskranken. Die Degeneration in den Hintersträngen beschränkt sich fast ausschliesslich auf die mittlere Zone der *Burdach*schen Stränge (*a*).




Fig. 45.
Rückenmark einer 8monatigen menschlichen Frucht. In den Vorderseitensträngen sind marklos: die Pyramidenstränge (*pa*, *pl*) und die *Gowers*chen Bündel (*al*); die Hinterstränge dagegen sind markhaltig mit Ausnahme eines Teiles der *Goll*schen Stränge. (*al* vordere Grenze des Fasciculus antero-lateralis.) Färbung nach *Pal*.

---

Untersuchung eines Falles von Kompression des Halsmarkes, ohne jedoch genauer zu erwähnen, welche Teile der Hinterstränge die Degeneration in seinem Falle ergriffen hatte. Er hält es mit *Schäffer* für wahrscheinlich, dass die Fasern der Hinterstränge nicht gleichzeitig degenerieren, da er Bezirke, die bei *Weigert*scher Behandlung deutliche Degenerationserscheinungen darboten, bei der Untersuchung mittelst der Methode von *Marchi* ganz unversehrt fand („Wratsch" 1895, S. 109).

der Annahme eines besonderen absteigenden Systemes in letzterer Gegend nötigt.

Fragt man nun, welche Fasern in den Hintersträngen absteigend entarten, so können hier einerseits die distalen Teilungsäste der Hinterwurzeln in Betracht kommen, wie die Durchschneidungsversuche unmittelbar darthun, andererseits aus Zellen der grauen Substanz hervorgehende, also myelogene Fasern der Hinterstränge.




Fig. 46.

**Querschnitt durch das Rückenmark einer 7monatigen menschlichen Frucht.** In den Hintersträngen sind markhaltig die *Burdach*schen Stränge ausschliesslich der dorsalen Zone (*a*), sowie die *Goll*schen Stränge neben dem Septum dorsale. *Weigert*sche Färbung.



Fig. 47.

**Querschnitt durch das Rückenmark einer 5—6monatigen menschlichen Frucht.** Markhaltig sind in den Hintersträngen nur die antero-laterale Zone der *Burdach*schen und die mediane Zone der *Goll*schen Stränge. Färbung nach *Weigert.*

Degeneration des ventralsten Bezirkes der *Burdach*schen Stränge ist bei Läsionen des Rückenmarkes bis nun niemals beobachtet worden. Ja bei doppelseitiger Durchschneidung des letzteren fand *F. Fajerstajn* in dem isolierten Rückenmarksstücke den ganzen ventralen Abschnitt der Hinterstränge unversehrt, was ihn mit Recht zu der übrigens bereits vor ihm vielfach geäusserten Behauptung veranlasste, dass die in Rede stehende Gegend des Hinterstranges aus myelogenen, in der grauen Substanz des Lendenmarkes wurzelnden Fasern sich zusammennsetze.*) Ich muss übrigens bemerken, dass nach Rückenmarksdurchschneidung beim Hunde mit Hilfe der Methode

*) Neurolog. Centralbl. Origin. Mitth. 1895 No. 8.

von *Marchi* eine diffuse Degeneration einzelner Faserzüge am Vorderrande der Hinterstränge nachweisbar ist (Fig. 38).

Wie die Fasern der Keilstränge, so entstammen auch die der *Goll*schen Stränge differenten Entwickelungsperioden. Am frühesten, noch vor dem sechsten Foetalmonat entwickelt sich hier eine kleine Anzahl von Fasern, welche zum grössten Teil dem dorsalen Septum benachbart sind und die sog. mediane Zone der *Goll*schen Stränge zusammensetzen (Fig. 47). Im Halsmark wird das Querschnittsfeld dieses Fasersystemes breiter, insbesondere in der Gegend des vorderen und mittleren Drittels des Septum posticum, und erscheint in Gestalt je eines schmalen Keiles, welcher seine Spitze dem Septum zuwendet (Fig. 46 und 47). Aber auch in tieferen Abschnitten des Markes lagern die fraglichen Fasern nicht gleichmässig neben dem gesamten Septum, sondern häufen sich mehr an dessen vorderem Teile bezw. vorderen zwei Dritteln. Ausserdem sind frühzeitig entwickelte Fasern hier und da auch in den übrigen Teilen des *Goll*schen Stranges anzutreffen.

Die Hauptmasse der Fasern des zarten Stranges entwickelt sich viel später, so jedoch dass in derselben nach Massgabe der Entwickelung zwei miteinander sich mischende Systeme zu unterscheiden sind (Fig. 45).

Was den Ursprung der *Goll*schen Stränge anbetrifft, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass ein Teil derselben in der grauen Substanz resp. in Zellen der Hinterhörner wurzelt, während der Rest aus hinteren Wurzelfasern bezw. deren aufsteigenden und absteigenden Ästen sich zusammensetzt. Einige Wurzelfasern erreichen, wie aus dem bisherigen bereits bekannt, das verlängerte Mark und lassen ihre Endbäumchen an die Zellen der Nuclei funic. gracil. herantreten; andere gehen nicht so weit, sondern biegen in verschiedenen Ebenen gegen die graue Substanz hin um und zerfallen im Hinterhorn in pericelluläre Endreiserchen; noch andere endlich, wie insbesondere die an das Septum posterius anstossenden Fasern, schlagen, wie die sekundären Degenerationen erkennen lassen, eine abwärtige Bahn ein und verlieren sich offenbar schliesslich ebenfalls in der grauen Substanz.

Die myelogenen Fasern der zarten Stränge sind wohl im wesentlichen aufsteigende Bahnen, welche aus verschiedenen Höhen des Markes zu den *Goll*schen Kernen aufsteigen und hier ganz wie die Wurzelfasern ihre Endverästelung finden.

Es überträgt somit ein Teil der *Goll*schen Stränge die Leitung aus den hinteren Wurzeln in verschiedene Abschnitte des Rückenmarksgraues und in das verlängerte Mark, ein anderer Teil — aus der grauen Substanz des Rückenmarkes bezw. aus gewissen Nervenzellen der Hinterhörner in die Kerne der zarten Stränge. Die letztgenannte Bahn enthält höchstwahrscheinlich auch solche Fasern, welche

nicht direkt zu den Oblongatakernen gelangen, sondern unterwegs durch Einschaltung von Nervenzellen der Hinterhörner unterbrochen werden.

Wie erwähnt pflegen die *Goll*schen Stränge in pathologischen Fällen aufsteigend zu degenerieren, und zwar geht die Degeneration nach Rückenmarksläsionen meist hart bis zu den entsprechenden Kernen der Oblongata. Sie zieht hierbei den grössten Teil der Fasern in Mitleidenschaft, immerhin aber bleibt eine gewisse Anzahl verschont, wohl infolge des Umstandes, dass der Ursprung derselben oberhalb des Krankheitsherdes im Rückenmarke liegt. Konstant unversehrt erweist sich ausserdem in einigen Fällen die Nachbarschaft des Septum posterius.

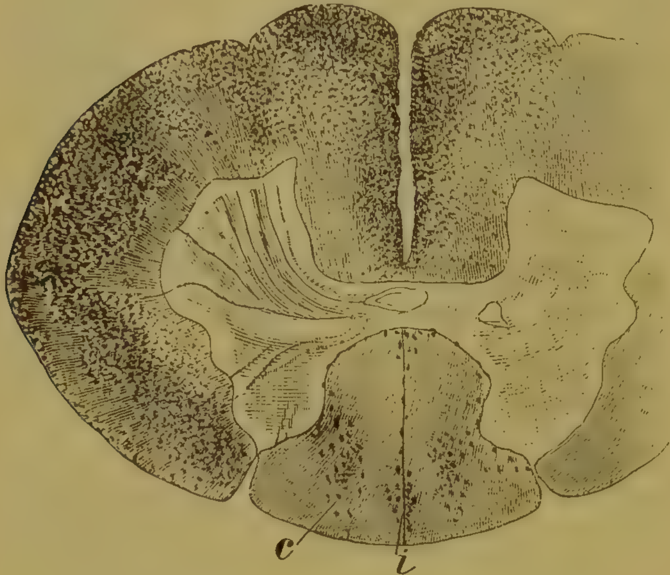



Fig. 48.
**Rückenmark vom Hunde, nach totaler Durchschneidung im Niveau des VIII. Brustwirbels, 1 cm unterhalb der Durchschneidungsstelle.** Nach einem Präparat von *Dobrotworski.*
c Kommaförmige Degeneration im Hinterstrange; *i* Degeneration des medio-marginalen Bündels. Behandlung nach der Methode von *Marchi.*

Von dem Verhalten der aufsteigenden Degeneration der Hinterstränge nach Durchschneidung der Cauda equina und der Hinterwurzeln ist bereits an einem früheren Orte die Rede gewesen; es erübrigt hier noch der pathologischen Beobachtungen über **absteigende Entartung** in den *Goll*schen Strängen zu gedenken. Ein solches Vorkommnis beschreibt u. a. *Daxenberger* in einem Falle von Kompression des Markes an der Grenze zwischen Brust- und Halsteil.*) Die Degeneration betraf die Nachbarschaft des Septum posterius und reichte durch das ganze Brustmark bis hinab zum Lendenmark. Der gleiche Befund ist in meinem Laboratorium von *Dobrotworski* und *Lazurski* an Hunden nach Rückenmarksdurchschneidung erhoben worden (Fig. 48 *i*). Eine Vergleichung der einzelnen Querschnittsbilder zeigt mir, dass es sich in dem Falle *Daxenberger*s speziell um absteigende Degeneration der medianen Zone des *Goll*schen Stranges gehandelt hat, welche wie oben bemerkt in den Fällen von aufsteigender Degeneration der Hinterstränge dadurch ausgezeichnet ist, dass sie inmitten ihrer durchweg

---

*) Deutsche Zeitschr. f. Nervenh. Bd. IV, Hft. 1 u. 2, S. 36.

degenerirten Umgebung unversehrt bleibt. Ganz besondere Beachtung verdient in dieser Beziehung ein von *Strümpell**) beschriebener Fall einer kombinierten Rückenmarksaffektion, wo ausser der medianen Zone auch das kommaförmige Gebiet sich als verschont erwies. Auch bei Tabes entgehen die beiden letztgenannten Zonen dem allgemeinen Entartungsprozess in den Hintersträngen.



Fig. 49.

Querschnitt der Lendenanschwellung eines neun Monate alten menschlichen Foetus in der Höhe des IV. Lumbalnerven. Nach einem Präparate von *Giese*. Behandlung mittelst der *Weigert*schen Methode.

In der sog. medianen Zone der zarten Stränge hat man dem Angeführten zufolge ein besonderes, wenig bekanntes Faserbündel, zu unterscheiden, dessen unterer Teil wohl zuerst von *P. Flechsig* als ovale Zone im Lendenmarke beschrieben worden ist. Dasselbe ist bei älteren Embryonen im Bereiche des III.—V. Lumbalnervs zu beiden Seiten des mittleren Drittels des Septum dorsale nachweisbar. Untersuchungen von *Giese* in meinem Laboratorium haben dargethan, dass das in Rede stehende Bündel, welches sowohl feinere als auch stärkere Fasern enthält, von den übrigen Teilen des Hinterstranges in grösserer oder geringerer Ausdehnung durch ein bindegewebiges Septum geschieden ist (Fig. 49 und 50).

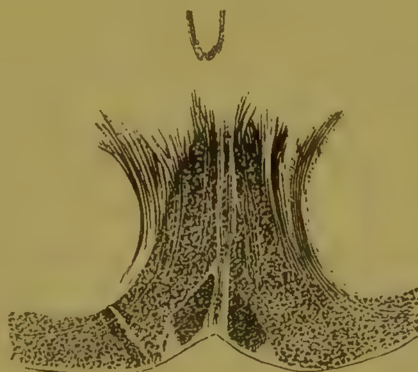


Fig. 50.

Querschnitt des Rückenmarkes eines neun Monate alten menschlichen Foetus in der Gegend des III. Sakralnerven. Nach einem Präparat von *Giese*. *Weigert*sche Behandlung.

Was den Ursprung der Fasern des ovalen Feldes betrifft, so gehen die Ansichten hierüber bekanntlich weit auseinander. So hat z. B. *Flechsig* der Ansicht Raum gegeben, dass sich aus denselben die Bestandteile der *Goll*schen Stränge entwickeln.

*Schultze* beschreibt einen Fall von Kompression der Cauda equina mit nachfolgender Degeneration der Hinterstränge im Lendenmarke, wo der dem ovalen Felde entsprechende ventrale Teil derselben un-

---

*) Archiv f. Psychiatrie. Bd. XI, S. 67.

versehrt erschien, und ist der Meinung, dass letzterer nur dank dem Umstande von der Degeneration verschont geblieben sei, weil die Kompression nicht alle Fasern der Cauda betroffen habe, infolgewessen nicht alle centripetalen Bahnen derselben hätten degenerieren können. Die Unhaltbarkeit dieser Ansicht erhellt indessen aus den Untersuchungen von *Sottas*, *Gombault* und *Philippe*, *Dejerine*, *Spiller* und *Dufour*, welche auch bei kompleter Kompression der Cauda equina keine Degeneration des ovalen Feldes zu finden vermochten. Ferner beweisen zahlreiche von *Gombault* und *Philippe*, *Strümpell*, *Pineles*, *Krauss*, *P. Marie*, *Redlich* und vielen anderen Autoren mitgeteilte Fälle von Tabes mit Degeneration cerebrospinaler Nerven nicht nur des Sakralmarkes, sondern auch des Lumbal- und Brustmarkes, dass das ovale Feld hierbei nicht degeneriert und daher zu den hinteren Wurzelfasern keine Beziehungen haben kann. Es bleibt somit nur die Annahme übrig, dass die Fasern des ovalen Feldes im Marke selbst und zwar von Zellen der grauen Substanz ihren Ursprung nehmen. Diese Ansicht wird vollauf bestätigt durch die Fälle von Querschnittsmyelitis, welche *Schultze*, *Daxenberger*, *Barbacci*, *Redlich*, *Bischoff* und *Hoche* beschreiben, da in denselben ausnahmslos Degeneration des ovalen Bündels sich vorfand. Späterhin ist *Hoche* gestützt auf Fälle von Rückenmarkskompression in der Gegend des VII. Brustnerven und VIII. Halsnerven u. a. zu folgenden Ergebnissen gekommen: Bei Querschnittsläsionen des Rückenmarkes degenerieren, abgesehen von den kurzen Systemen, in absteigender Richtung zwei lange Bahnen, nämlich a) die kommaförmige Bahn von *Schultze* und b) ein Fasersystem, welches von dem Orte der Läsion bis hinab zum Filum terminale sich erstreckt. Letzteres hat im Brustmark unterhalb der Kompressionsstelle am Hinterrande der Dorsalstränge seine Lage und bildet unter allmählicher Umlagerung und Umformung im Lendenmarke schliesslich jenes ovale Feld, welches hier dem mittleren Drittel des Septum posterius angrenzt und im Sakralmark die Form eines Dreieckes mit vorderer Spitze und hinterer Basis im Gebiete des hinteren Drittels des Septum posterius darbietet. Es ist also augenscheinlich, dass es sich hier um ein besonderes System langer absteigender Bahnen handelt. An Präparaten aus dem Sakralmark eines Neugeborenen und einer 9 Monate alten Frucht hob sich diese Gegend, den Beobachtungen von *Giese* zufolge, in dem nämlichen Niveau, wo in den beiden Fällen von *Hoche* das ovale Feld bezw. das degenerierte Faserdreieck sich vorfand, beiderseits von dem hinteren Drittel des Septum posterius durch intensivere Färbung auffallend deutlich von den übrigen Teilen der Hinterstränge ab und zwar infolge der dichteren Lagerung der hier durchtretenden Faserzüge. Die Untersuchungen von *Hoche* und *Giese* führen demnach unzweifelhaft zu dem Schluss, dass das frag-

liche Dreieck, welches von *Obersteiner* als dorsomediales Sakralbündel bezeichnet wird, sich distalwärts unmittelbar aus dem ovalen Feld von *P. Flechsig* fortsetzt.

Das in Frage stehende Fasersystem, welches meines Erachtens zweckmässig als medio-marginales Hinterstrangbündel zu bezeichnen wäre, ist unlängst von *A. Bruce* und *K. Muira**) in einem Falle von Fraktur des XII. Brustwirbels untersucht worden. Die anfänglich unregelmässig diffuse absteigende Degeneration der Hinterstränge des Lendenmarkes begann in der Gegend des III. Lendenwirbels schärfere Grenzen anzunehmen und lokalisierte sich am Rande des hinteren Teiles des Septum dorsale und hinten innen an der Peripherie des Hinterstranges. In der Höhe des I. und II. Sakralnerven verlor das Degenerationsfeld immer mehr an Umfang, um in der Steissgegend Dreiecksgestalt anzunehmen. Schliesslich gehen die betreffenden Fasern in die graue Substanz über und enden in der Nähe des Hinterhornes. Mit vielen anderen sind auch die genannten beiden Autoren der Ansicht, dass das von ihnen beschriebene Bündel keine direkte Fortsetzung lumbo-sakraler Hinterwurzelfasern darstelle, da es bei Zerstörungen der Cauda equina und bei Tabes keine Degenerationserscheinungen erkennen lasse. Ebenso unabhängig ist es von dem kommaförmigen Bündel *Schultzes*. Neuerliche Untersuchungen von *Flatau* führen zu dem Ergebnis, dass das medio-marginale Hinterstrangbündel von absteigenden Ästen hinterer Wurzelfasern gebildet wird. Letztere sollen nach der Darstellung *Flataus* anfänglich ähnlich den aufsteigenden Ästen in der Eintrittszone der hinteren Wurzeln ihre Lage haben; in der Folge aber wendet sich die Mehrzahl derselben durch den *Burdach*schen Strang und durch die ventrale Hinterstranggegend zur grauen Substanz, während der Rest noch in erheblicher Ausdehnung weiter abwärts verläuft. Beim Menschen sind sie in Fällen von transversaler Myelitis im mittleren Brustmarke bis zum unteren Sakralmark verfolgt worden. Diese langen absteigenden Hinterstrangfasern finden sich in tieferen Niveaus am vorderen Teil des Septum posterius, und dringen schliesslich durch die hintere Kommissur in die graue Substanz ein. Nach *Flatau* ist die topographische Lagerung der langen absteigenden Hinterwurzelfasern, welche in höheren Ebenen in das kommaförmige bezw. intermediäre Bündel, tiefer unten aber in das medio-marginale Bündel bezw. in das ovale Feld von *Flechsig* eintreten, nur insofern eine verschiedene, als das kommaförmige Bündel vom Septum posticum durch den *Goll*schen Strang getrennt erscheint, während der Fasciculus medio-marginalis in der Lumbosakralgegend, wo der *Goll*sche Strang noch fehlt, dem Septum dicht anliegt. Es sind sonach das komma-

---

*) *Brain*, Parts LXXIV und LXXV, 1896, S. 333 ff.

förmige und das medio-marginale Bündel nach *Flatau* als analoge Bildungen aufzufassen, die sich im wesentlichen aus absteigenden Hinterwurzelfasern zusammensetzen.*)

Übrigens hält die absteigende Hinterstrangdegeneration nicht immer die soeben beschriebene Lokalisation inne. Nach Durchschneidung des Markes beim Hunde sieht man in unmittelbarer Nähe des Hinterhorns dicht vor dem Hinterende desselben, ein dreieckiges Feld in absteigender Richtung degenernieren. Da diese Gegend eine Strecke weit auch aufsteigend entartet, so handelt es sich hier offenbar um auf- und absteigende Teilungsäste hinterer Wurzelfasern. Vereinzelte absteigend degernierende Fasern sind ferner in den übrigen Teilen der Hinterstränge nichts seltenes. Einzelne Beobachtungen lehren, dass absteigende Degeneration der Hinterstränge sich noch im Anschluss an veraltete Hirnläsionen entwickeln kann, in welchem Falle sie offenbar mit voraufgehender Atrophie der Hinterstrangkerne im verlängerten Marke zusammenhängt. Noch vor kurzem berichtete *G. Durante***) über absteigende Degeneration der *Goll*schen Stränge nach unilateraler Läsion des Thalamus opticus. Beide *Goll*sche Stränge waren degeneriert, jedoch nur in ihren zwei hinteren Dritteln. *Burdach*sche Stränge und Wurzeln erschienen unversehrt; auffallend degeneriert war nur noch die gleichseitige, weniger die anderseitige Pyramidenbahn. *Durante* bringt diese Veränderungen mit dem erwähnten Herd im linken Thalamus in Zusammenhang und nimmt an, dass dieser zu Atrophie der *Goll*schen Kerne und weiterhin zu Degeneration der Endverästelungen und Fasern der zarten Stränge geführt hat. Leider ist aus dem betreffenden Bericht des Autors nicht ersichtlich, auf welchem Wege die Degeneration von der Läsionsstelle bis zu den Kernen der Oblongata sich ausgebreitet.***)

An der Grenze zwischen Hinterstrang und Seitenstrang, zum Teil noch im Bereiche des letzteren und der Spitze des Hinterhornes

---

*) Auch das ventrale Feld der Hinterstränge besteht nach diesem Autor aus auf- und absteigenden Hinterwurzelfasern.

**) Bull. de la soc. anat. de Paris. Dec. 1894.

***) *Sherrington* und *Loewenthal* beobachteten nach Hirnläsionen bei Tieren eine Degeneration der gleichseitigen oder beider Hinterstränge. Vermutlich handelt es sich in solchen Fällen um Degeneration von Pyramidenfasern der Hinterstränge, da ja ein Übertritt von Pyramidenfasern in letztere nach *v. Lenhossék*s und meinen Untersuchungen gegenwärtig wenigstens für einige Tierspezies mit Sicherheit bewiesen erscheint (s. unten). In letzterem Umstande finde ich eine Erklärung für das von mir bei Meerschweinchen beobachtete Auftreten absteigender Degeneration im vorderen Teile der Hinterstränge nach künstlich herbeigeführter Läsion des verlängerten Markes. Jedoch sind hier weitere Aufschlüsse noch abzuwarten und man wird die Möglichkeit einer absteigenden Degeneration der Hinterstränge nach Hirnläsionen ohne Betheiligung der Pyramidenbahnen zunächst noch zugeben müssen.

benachbart findet sich die sogen. äussere Wurzelzone, welche wie erwähnt die Faserzüge das lateralen Hinterwurzelbündels aufnimmt und fast gleichzeitig von *Lissauer* durch Beobachtung der Degenerationen (Tabes) und von mir durch Untersuchung der Entwickelung zuerst als gesondertes System erkannt worden ist. Zu den Fasern der *Burdach*schen Stränge steht sie, obgleich ihnen unmittelbar benachbart, ja zum Teil in das Gebiet derselben hineinragend, in Wirklichkeit in keinen näheren Beziehungen.

Die die Peripherie des Hinterhorns gürtelförmig umfassende äussere Wurzelzone birgt die feinen Fasern des lateralen Hinterwurzelbündels, welche durch reichliche Zwischensubstanz voneinander getrennt erscheinen, so dass diese Gegend schon an *Weigert*schen oder *Pal*schen Präparaten des erwachsenen Markes durch ihre blasse Färbung leicht erkannt wird (Fig. 51 *rp*"). Grösse und Konturen derselben variieren je nach dem Niveau; am allerstärksten entwickelt ist sie im Lendenmarke, insbesondere in dessen mittlerem und unterem Abschnitte, am schwächsten ist ihre Entwickelung im Brustmark. Diese Schwankungen scheinen bis zu einem bestimmten Grade von der Anzahl der eintretenden Wurzelfasern und von der Grösse der Substantia gelatinosa *Rolando* abzuhängen, was umsomehr begreiflich ist, als ja die Fasern der äusseren Wurzelzone in nächsten Beziehungen stehen zu den Nervenzellen des „Rolando" resp. des Plexus substantiae gelatinosae. Bezüglich der Einzelheiten der Endigung dieser im wesentlichen sich unmittelbar aus den hinteren Wurzeln herleitenden Fasern ist an früheren Orten bereits das nötige berichtet worden und kann hier auf das dort gesagte verwiesen werden.

In den Vordersträngen und Seitensträngen des Markes, welche im Grunde durch keine scharfen topographischen Grenzen zu trennen sind, findet man zunächst im hinteren Abschnitt des Seitenstranges die Pyramidenseitenstrangbahn (Fig. 51 *Fp*) und das darin eingelagerte Zwischenbündel, sodann nach aussen davon entlang der hinteren Peripherie des Seitenstranges die direkte Kleinhirnbahn (Fig. 51 *Fe*, vgl. Fig. 45, 46, 47), endlich nach innen von der Pyramidenbahn, zwischen dieser und der äusseren Umrandung der grauen Substanz, in der von *Flechsig* sogenannten Grenzschicht der letzteren, ein besonderes Bündel, welches ich als mediales Seitenstrangbündel bezeichne (Fig. 37 *i*, vgl. Fig. 45, 46, 47).*)

---

*) Als „Grenzschicht der grauen Substanz" bezeichnet man einen Teil des Markmantels, welcher am Rande der grauen Substanz nach innen von den seitlichen Pyramiden sich findet. In dieser Gegend giebt es zweierlei Fasern: die einen gehören dem Seitenstranggrundbündel, die anderen, entwickelungsgeschichtlich jüngeren bilden ein ganz besonderes Fasersystem, welches ich „mediales Seitenstrangbündel" nenne.

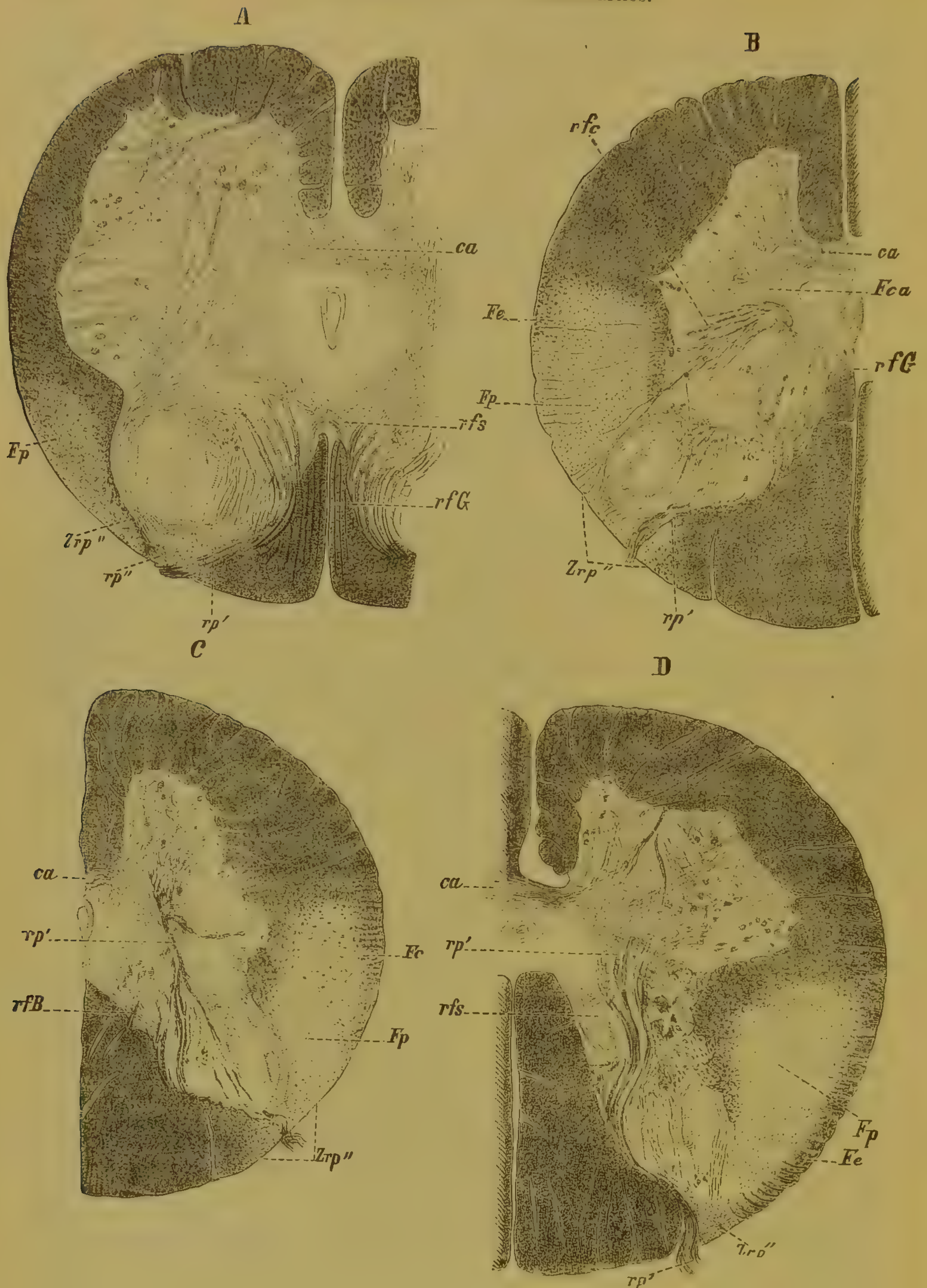



Fig. 51.

**Querschnitte durch das Rückenmark eines Neugeborenen.** *A* aus dem Sakralmark. *B* aus dem Übergangsteil zwischen Lendenanschwellung und Brustmark. *C* aus dem Brustteil. *D* aus der Halsanschwellung.

*ca* ventrale Kommissur; *Fp* Pyramidenseitenstrangbündel; *Fe* direktes Kleinhirnbündel; *rp'* gröbere mediale Wurzelfasern; *rp''* feinere laterale Wurzelfasern; *Zrp''* äusseres Wurzelgebiet oder Randzone; *rfc* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur Kleinhirnbahn; *Fca* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur vorderen Kommissur; *rfG* Fasern der grauen Substanz zu den Hintersträngen; *rfs* Faserkreuzung in der dorsalen Kommissur. Färbung nach *Weigert*.

Längs der vorderen Peripherie des Seitenstranges, unmittelbar vor der Pyramiden- und Kleinhirnbahn, erstreckt sich der Fasciculus antero-lateralis (Fig. 37 *al*), und dann das Seitenstranggrundbündel (Fig. 37 *fbl*), in welch letzterem nach der Zeit ihrer Entwickelung noch einige besondere Systeme zu unterscheiden sind; nach vorne geht es ohne jede Grenze in das Vorderstranggrundbündel (Fig. 37 *fba*) über, während medianwärts von diesem sich der ungekreuzte Teil der Pyramidenbahn, das Pyramidenvorderstrangbündel (Fig. 37 *p'*), entlang der Fissura medullae spinalis anterior hinzieht. Endlich ist noch das vordere Randbündel und der Olivenstrang zu nennen, welcher an der Peripherie des Halsmarkes in der Nähe der vorderen Wurzeln seine Lage hat.

Bei der Schilderung der soeben namhaft gemachten Stränge beginne ich mit dem umfangreichsten derselben, nämlich dem Vorderseitenstranggrundbündel des Rückenmarkes.

Ich fasse als Vorderseitenstranggrundbündel diejenigen Fasern zusammen, welche früher als alle anderen Systeme der Vorderseitenstränge, nämlich bereits bei einer Foetuslänge von ca. 25 cm markhaltig zu werden beginnen. Zur Bestimmung von Lage und Grenzen der Grundbündel sind daher Durchschnitte des Rückenmarkes der bezeichneten Embryonen am geeignetsten (Fig. 45).

Querschnitte lehren, dass dieses mächtige Bündel sich längs der gesamten Peripherie des Vorder- und Seitenhornes hinzieht. An der vorderen Kommissur beginnend nimmt es nach aussen von der ungekreuzten Pyramidenbahn den ganzen Vorderstrang ein, ferner einen grossen Teil des Übergangsgebietes zwischen diesem und dem Seitenstrang, durch welches die vorderen Wurzeln hindurchgehen, und endlich einen beträchtlichen Teil der vorderen Seitenstranggegend. Hier beginnt, namentlich in den oberen Rückenmarksabschnitten, die äussere Grenze des Grundbündels sofort hinter der Austrittsstelle der Vorderwurzeln von der Peripherie des Markes sich zu entfernen, wendet sich sodann etwa in der Ebene des Seitenhornes plötzlich medianwärts und hört endlich an der grauen Substanz zwischen Seiten- und Hinterhorn auf.

Das Grundbündel dringt also teilweise auch in jenen Abschnitt des Seitenstranges zwischen Pyramidenbahn und grauer Substanz hinein, welchen *Flechsig* als Grenzschicht der grauen Substanz bezeichnet.

Die obige Darstellung der Grenzen des Grundbündels ist übrigens nicht für alle Teile des Markes zutreffend. Denn schon in etwas tieferen Querschnitten, wo der Pyramidenvorderstrang verschwindet, nimmt das Grundbündel nahezu den gesamten Vorderstrang ein, mit Ausnahme des vorderen Randbündels; noch weiter abwärts gewinnt es infolge starker Reduktion des *Gowers*schen Stranges die Peripherie des Seitenstranges bis zur Vordergrenze der Kleinhirnbahn und ragt gleichzeitig weit in

die Grenzschicht der grauen Substanz hinein. Im oberen Halsmark hingegen rückt das Grundbündel von der Peripherie des Vorderhornes ab und es entsteht so zwischen ihm und dem Rande des Vorderseitenhornes ein freier Raum, in welchen sich die Fasern eines später entwickelten, zur Grenzschicht gehörenden Bündels hineinlegen (s. unten).

Oben war darauf hingewiesen worden, dass in dem Grundbündel nicht ein, sondern mehrere Fasersysteme enthalten sind, welche sich durch die Zeitfolge ihrer Entwickelung voneinander unterscheiden.

Die ältesten Fasern ummarken sich etwa im fünften Foetalmonat, zu einer Zeit wo die vorderen Wurzeln noch nicht überall markhaltig erscheinen, und finden sich vorwiegend in der nächsten Umgebung des Vorderhornes (Fig. 47). Nach einiger Zeit, während welcher die vorderen Wurzeln ihre Markscheidenbildung abschliessen, erweist sich das Grundbündel wesentlich reicher an myelinhaltigen Fasern; aber noch jetzt enthält es insbesondere in seinen lateralen Teilen eine Anzahl zerstreuter markloser Elemente, welche später als die erstgenannten beiden Systeme zur Entwickelung gelangen (Fig. 45, 46).

Die älteren Systeme des Grundbündels stehen wahrscheinlich in nahen Beziehungen zu den vorderen Wurzeln resp. enthalten vordere Wurzelfasern, das jüngere System besteht höchstwahrscheinlich aus kurzen Bahnen zur Verbindung von Vorderhornzellen verschiedener Rückenmarksebenen. Diese Annahme findet eine Stütze in den bereits angeführten Ermittelungen durch das *Golgi*sche Verfahren, denen zufolge Nervenfortsätze von Strangzellen des Markes sowohl in den Vorderstrang, als in den vorderen Teil des Seitenstranges der gleichen und der gegenüberliegenden Seite eindringen. Ausserdem spricht auch die Thatsache der Fortleitung motorischer Reize aus den oberen Rückenmarksabschnitten zu den unteren bei Irritation der Vorderseitenstränge, von welcher ich mich durch Versuche an neugeborenen Hunden überzeugt habe, augenscheinlich dafür, dass in dieser Gegend des Rückenmarkes nicht ausschliesslich nur Wurzelfasern vorkommen.

Die Faserzüge der Peripherie des Vorderstranges und der vorderen Seitenstranggegend entwickeln sich etwas früher als die nachbarlichen Teile der weissen Substanz. Dieses Verhalten lässt daselbst ein besonderes Fasersystem vermuthen. Auch die Degenerationsmethode führt, wie wir unten sehen werden, zu der Ausscheidung eines vorderen Randbündels (*Löwenthal*) in der genannten Gegend.

Weiterhin ist in den Vorderstranggrundbündeln ein Fasersystem enthalten, welches unter Kreuzung seiner Elemente durch die vordere Kommissur hindurchgeht und in Nervenzellen des Hinterhornes und insbesondere der *Klarke*schen Säulen wurzelt (s. oben).

Diese zuerst von mir beschriebenen Fasern der vorderen Kommissur erklärt in neuerer Zeit *Edinger* als eine sensible Bahn, welche sich

im verlängerten Marke zur Schleife gesellt (Fig. 53). Derselben Ansicht ist auch *Kölliker*, jedoch leugnet er das Vorkommen langer Bahnen in dem in Rede stehenden System und erblickt darin lediglich eine sensible Bahn zweiter Ordnung. *Auerbach* beobachtete eine nach und nach sich verringernde aufsteigende Degeneration des Vorderseitenstranggrundbündels der einen Seite nach Zerstörung des Hinterhornes und eines Teiles vom Seitenstrange der anderen Seite, und gleichzeitig vermochte er zahlreiche degenerierende Fasern durch die vordere Kommissur zu verfolgen. Ebenso fanden *Otti* und *Rossi**) nach Durchschneidung hinterer Wurzeln unter anderem eine diffuse absteigende Entartung im Gebiete der contralateralen Seitenstrangreste. Letzthin konstatierte ferner *Lazurski* (in meinem Laboratorium) nach Durchschneidung hinterer Wurzeln beim Hunde aufsteigende Degeneration im anderseitigen und zum Teil auch im gleichseitigen Seitenstranggrundbündel. Die entarteten Fasern gehen nach diesem Autor thatsächlich in die Schleife, und zwar vorwiegend in deren lateralen Abschnitt über, wo sie in der Richtung zum Corpus subthalamicum verfolgt werden können. Diese Beobachtungen berechtigen durchaus zu der Annahme eines besonderen Fasersystemes, welches aus Zellen des Hinterhornes und vorwiegend der *Klarke*schen Säulen hervorgehend durch die ventrale Kommissur hindurch in das Grundbündel des contralateralen Vorderseitenstranges eintritt und sich späterhin zur Schleife gesellt (Fig. 53).**)



Fig. 52.
Absteigende Degeneration in den Strängen des Rückenmarkes bei chronischer Kompression des oberen Halsmarkes. (Nach *Daxenberger*.)

Neuerdings fand auch *Berdez****) nach Durchschneidung hinterer Wurzeln beim Meerschweinchen aufsteigende Degeneration der Vorderseitenstränge; dieselbe betraf ziemlich gleichmässig beide Rückenmarks-

---

*) Archives ital. de Biologie 1891.

**) Aus der Beschreibung eines unlängst von *Rossolimo* veröffentlichten Falles von ausgedehnter gliomatöser Zerstörung des Hinterhornes ist leider nicht ersichtlich, ob Degeneration des betrachteten Systemes vorlag, wohl aber wird aufsteigende Degeneration der contralateralen Schleife betont. Da in diesem Falle ein ungemein wichtiger Gehirnteil, nämlich ein unteres Stück der Oblongata, bei der Sektion abhanden gekommen war, so steht es dahin, ob die Degeneration der Schleife hier nicht etwa von pathologischen Veränderungen der Hinterstränge in Abhängigkeit stand.

***) a. a. O.

hälften mit nur unbedeutender Bevorzugung der contralateralen; im Niveau der Läsion lagen die degenerierenden Fasern der grauen Substanz an, weiterhin aber entfernten sie sich peripheriewärts. Der nämliche Autor weist ferner auf das Vorkommen von absteigend degenerierenden Wurzelfasern in den Vorderseitensträngen hin, welche ebenfalls in der Ebene der Läsionsstelle der grauen Substanz benachbart sind, unterhalb der Läsion jedoch eine mehr periphere Lage einnehmen. Sie sind übrigens nicht so zahlreich, wie die erwähnten aufsteigend degenerierenden Fasern.

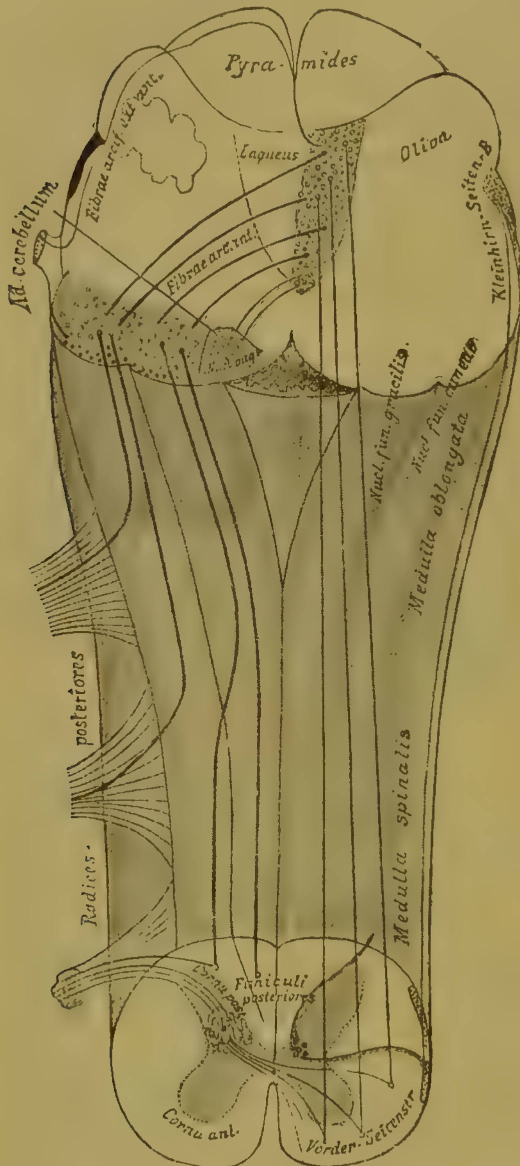



Fig. 53.
Schema des Verlaufes der sensiblen Leitungsbahn von den hinteren Wurzeln bis zum verlängerten Mark. (Nach *Edinger*.)

Das Vorkommen verschiedener Systeme in den Grundbündeln des Vorderseitenstranges ergiebt sich mit Sicherheit auch aus der Untersuchung pathologischer Fälle von örtlichen Affektionen des Rückenmarkes, indem hier in einiger Ausdehnung aufsteigende und gleichzeitig absteigende Degeneration von Fasern des Grundbündels zur Beobachtung gelangt. Letztere ist in der Regel diffus; nur in den peripheren Gegenden des Grundbündels und am medialen Rande des Vorderstranges erscheint sie stärker ausgeprägt, augenscheinlich infolge des Umstandes weil hier einige lange absteigende Bahnen (Fig. 38) eingelagert sind.*) Die aufsteigende Degenera-

*) Es soll unten gezeigt werden, dass im peripheren Teile des Grundbündels der Vorderseitenstränge absteigend entarten: 1. die spinale Fortsetzung des hinteren Längsbündels und 2. die im contralateralen vorderen Vierhügel entspringenden Fasern der fontänenförmigen Kreuzung *Meynerts*. Dagegen finden sich die absteigend degenerierenden Fasern der *Forel*schen Kreuzung, die aus den lateralen Abschnitten des Thalamus und aus den roten Kernen hervorgehen, im hintersten Teil des Seitenstranggrundbündels vor der seitlichen Pyramidenbahn (*Boyce*, Neurolog. Centralbl. 1894 No. 13). Im folgenden kommen wir ferner darauf zurück, dass im vorderen Abschnitte des Grundbündels ausserdem enthalten sind: das absteigend degenerierende vordere Randbündel, welches seine Fasern aus dem Kleinhirn bezieht, und der Olivenstrang, welcher sich aus den unteren Oliven herleitet.

tion hingegen bevorzugt die centralen Teile des Grundbündels, doch kommt sie in diffuser Form auch am medialen Rande des Vorderstranges vor (Fig. 31 und 32). S. unten.

Bei doppelter Durchschneidung des Markes im unteren Brust- und im Lendenteile fand *J. Fajerstajn* eine deutliche Trennung des Vorderseitenstranggrundbündels in ein peripheres und in ein centrales bezw. mediales Gebiet. Jenes war degeneriert, dieses zum grössten Teile unversehrt. Diese Beobachtung weist darauf hin, dass in dem peripheren Abschnitt des Grundbündels mehr lange Bahnen enthalten sind, als in den centraleren Teilen desselben.

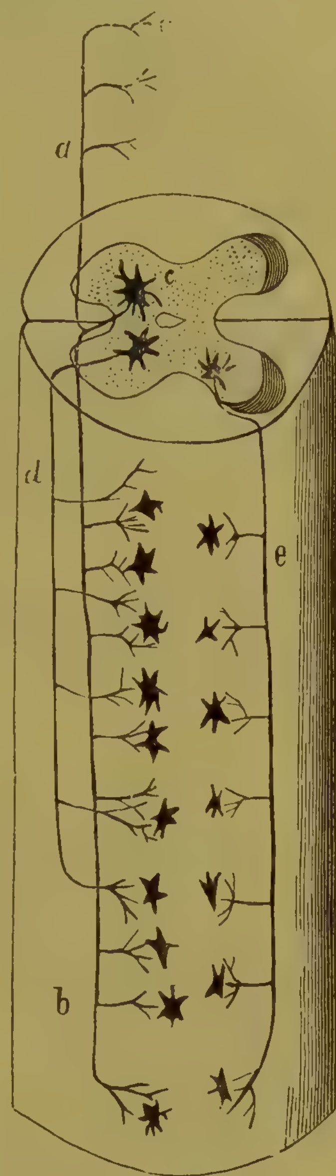



Fig. 54.

c Kommissurenzelle, sendet einen Fortsatz in die ventrale Kommissur hinein. *a* und *b* auf- und absteigender Ast dieses Fortsatzes, von welchen Kollateralen zu anderen Kommissurenzellen sich abzweigen. *d* ungekreuzter Fortsatz einer Kommissurenzelle, welcher Kollateralen zu Kommissurenzellen benachbarter Querschnitte entsendet.

Was das Verhalten der Grundbündel zu den Nervenzellen der grauen Substanz anbetrifft, so haben Untersuchungen mittelst des Silberverfahrens zu dem Resultat geführt, dass das Vorderstranggrundbündel sich im wesentlichen aus Strangzellen der homolateralen und aus Kommissurenzellen der contralateralen Markhälfte herleitet; so kommt es zu einer teilweisen Kreuzung desselben in der ventralen Kommissur. Hingegen entspringen die Fasern des Seitenstranggrundbündels vorwiegend aus Strangzellen der entsprechenden Seite. Hier wie dort wenden sich die grösstenteils kurzen Fasern teils sofort zu aufsteigendem oder zu absteigendem Verlauf, teils zerfallen sie in auf- und absteigende Äste. Ihre Kollateralen und Endstücke verästeln sich in Gestalt von Endbäumchen um motorische und Kommissurenzellen im Vorderhorn und um Strangzellen verschiedener Teile der grauen Substanz vorwiegend auf der entsprechenden Rückenmarkshälfte (Fig. 54).

Als vorderes Randbündel beschreibt *Loewenthal* ein Bündel langer Fasern, welches die Peripherie des Vorderstranges und des benachbarten Teiles des Seitenstranges einnimmt, in den unteren Abschnitten des Markes successive nach innen rücken und schliesslich an den medianen Rand des Vorderstranges gelangen soll (Fig. 69 und 70). Absteigende Degeneration dieser Bahn sah *Marchi* nach halbseitiger Kleinhirnexstirpation und späterhin *Biedl* und *Basi-*

*lewski* (letzterer in meinem Laboratorium) nach Durchtrennung des hinteren Kleinhirnarmes; sie gehört demnach wie das erwähnte intermediäre Bündel zu den centrifugalen Kleinhirnleitungen. An den bezüglichen Präparaten von *Basilewski* konnte indessen nicht festgestellt werden, dass das betrachtete Bündel in den unteren Rückenmarksgegenden sich gegen den inneren Rand des Vorderstranges verschieben würde (Fig. 55 und 56 *c*).

Das nämliche System beschreibt *Foster* unter der Bezeichnung antero-laterale absteigende Bahn.*) Er versteht darunter absteigend degenerierende Fasern, welche am Aussenrande des Markes zwischen

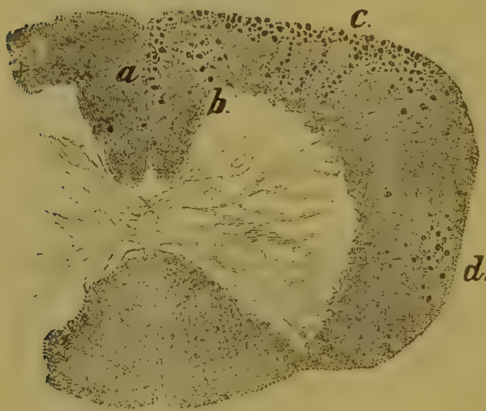



Fig. 55.




Fig. 56.

Fig. 55. Aus dem unteren Teil des Rückenmarkes, Fig. 56. aus dem Halsmark des Hundes. Nach Präparaten von *A. Basilewski*. Die degenerierten Systeme mit Buchstaben bezeichnet, *a* Untere Fortsetzuug des hinteren Längsbündels; *b* aus den angrenzenden Teilen der Formatio reticularis; *c* aus dem medialen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels; *d* intermediäres Bündel. Behandlung nach *Marchi*.

vorderer Pyramidenbahn und Kleinhirnbahn lagern und sich zwischen die Elemente des aufsteigenden Fasciculus antero-lateralis hineinschieben. Hinweise über derartige Faserzüge finden sich weiterhin bei *Hadden* und *Sherrington*,**) *Tooth* und *Gowers*. Bei einigen Beobachtungen über absteigende Entartung des Fasciculus antero-lateralis handelt es sich wohl mit um Degeneration des vorderen Randbündels. — Hier sei noch erwähnt, dass bei Durchtrennung des hinteren Kleinhirnarmes sich eine Degeneration des hinteren Längsbündels und der angrenzenden Teile der Formatio reticularis entwickelt, welche im Vorderstranggrundbündel des Rückenmarkes herabsteigt und wahrscheinlich ein besonderes Fasersystem betrifft (Fig. 55 und 56 *a*). Genaueres hierüber bei der Schilderung der Leitungsbahnen des Kleinhirns.

*R. Boyce****) fand bei der Katze nach Entfernung einer Hälfte des Grosshirns oder — was dasselbe ist — nach unilateraler Durchschneidung

*) *Foster*, Physiology 1890.

**) Brain. Vol. VIII.

***) Neurol. Centralbl. 1894. 13. Original-Mitt.

des Mittelhirns in der Höhe des III. Hirnnerven neben Degeneration der Pyramidenbahnen und der aufsteigenden Trigeminuswurzel eine absteigende Degeneration der medialen und dorsalen Fasern des Fasciculus longitudinalis posterior und ebenso der fontänenförmigen Kreuzung *Meynerts* und der ventralen Kreuzung von *Forel* in der Ebene der roten Haubenkerne (s. unten). Die Degeneration des hinteren Längsbündels konnte in dem vorliegenden Falle durch die Brücke und das verlängerte Mark dicht bis zum Unterende des Halsmarkes verfolgt werden, wo sie auf der Seite der Läsion dem bei Tieren fehlenden Pyramidenvorderstrange der Lage nach entsprach. Auch die Degeneration der Fasern der *Meynert*schen und *Forel*schen Kreuzung ging durch den Pons und die Oblongata zum Rückenmarke hinab: jene erschienen abwärts von der Kreuzung als ein gänzlich gesondertes Bündel unter dem contralateralen hinteren Längsbündel und konnten bis zum Brustmark verfolgt werden, wo sie, nach der beigegebenen Abbildung zu urteilen, im wesentlichen die ventro-mediane Zone des Vorderstranges einnahmen;*) diese fanden sich unterhalb der Kreuzung dorsal von der Schleife und reichten bis zum

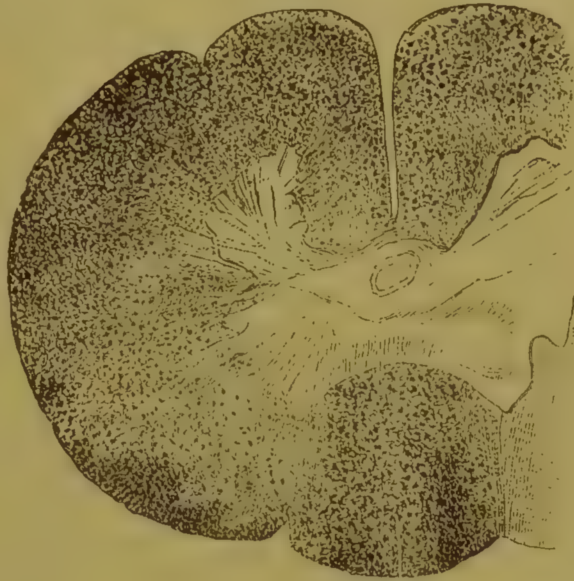


Fig. 57.
Rückenmark vom Hunde, nach totaler Durchschneidung in der Höhe des VIII. Brustwirbels, $1/2$ cm aufwärts vom Orte der Durchschneidung.
Nach einem Präparat von *Dobrotworski*. Behandlung nach der Methode von *Marchi*.

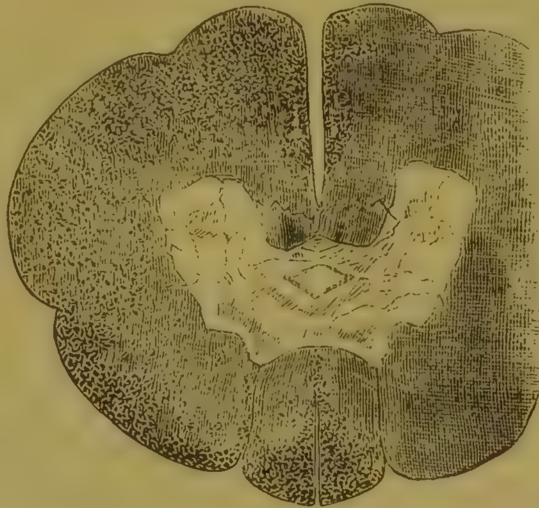


Fig. 58.
Rückenmark vom Hunde, nach totaler Durchschneidung in der Höhe des VIII. Brustwirbels, 1—$1^1/_2$ cm oberhalb der Läsion. Nach einem Präparat von *Dobrotworski*. Behandlung nach der Methode von *Marchi*.

*) In dem betreffenden Artikel heisst es hier „Vorderseitenstrang“ (?).

6*

Lendenmark, wo sie unmittelbar vor der seitlichen Pyramidenbahn ihre Lage hatten (Fig. 76, 77, 78).

Es handelt sich hier offenbar um ganz selbständige Systeme im Rückenmarke, welche zwischen den bisher beschriebenen Bahnen und

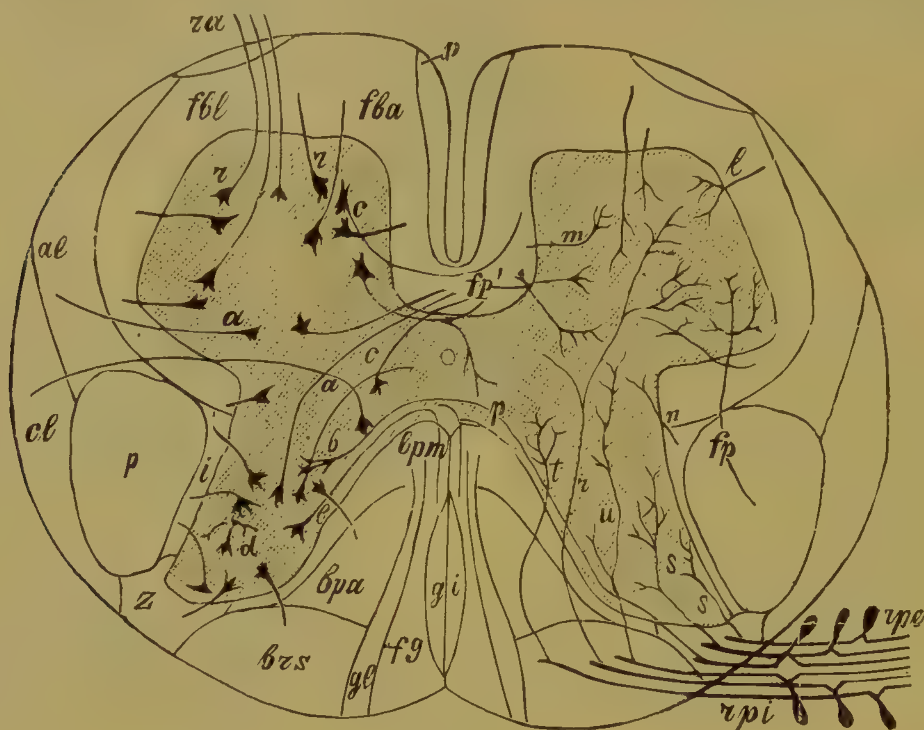



Fig. 59.

Schema des Ursprunges und der Endigung der Nervenwurzeln in der grauen Substanz des Rückenmarkes und der Verteilung der Nervenzellen in letzterer. *rpe* laterale hintere Wurzeln. *rpi* mediale hintere Wurzeln. *p* (in der Mitte der Figur) Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser welche durch die dorsale Kommissur auf die andere Seite tritt. *t* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur *Klarke*schen Säule. *r* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zum Vorderhorn. *u* Kollaterale einer hinteren Wurzelfaser zur centralen grauen Substanz bezw. zur centralen Zellgruppe des Rückenmarkes. *s* Kollateralen hinterer Wurzelfasern zum Hinterhorne, *n* eine Faser der Grenzschicht, in der grauen Substanz endend. *fp*, *fp'* Fasern aus dem ventralen und lateralen Pyramidenstrange zu Zellen des Vorderhornes. *l* eine Faser aus dem Grundbündel des Seitenstranges und *m* eine solche aus dem Grundbündel des Vorderstranges nach ihrem Eintritt in die graue Substanz. *c*, *c* Kommissurenzellen. *r*, *r* Wurzelzellen. *a*, *a* Seitenstrangzellen. *b*, *b* Zellen der Hinterstränge. *d* *Golgi*sche Zelle mit kurzem Nervenfortsatz. *fg* zarter oder *Goll*scher Strang. *gi* am dorsalen Septum angrenzender Teil des *Goll*schen Stranges. *gl* Zwischenschicht; *brs*, *bpa*, *bpm* hinterer, mittlerer und vorderer Abschnitt des *Burdach*schen Stranges. *Z* äusseres Wurzelgebiet (Randzone). *p* (links) Pyramidenseitenstrang. *p'* Pyramidenvorderstrang. *cl* Kleinhirnseitenstrang. *al* *Gower*sches Bündel oder Fasciculus antero-lateralis. *i* mediales Bündel des Seitenstranges. *fbl* Grundbündel des Seitenstranges. *fba* Grundbündel des Vorderstranges. *ra* ventrale Wurzeln.

speziell innerhalb der Grundbündel des Vorderseitenstranges eingelagert erscheinen.

Schliesslich erwähne ich noch, dass *Sherrington* bei Versuchen an Affen in den Vordersträngen des Halsmarkes nahe der Mittellinie ein circumscriptes aufsteigend degenerierendes Bündel beobachtet hat, welches nach oben hin sehr bald verstreicht.*) Marie unterscheidet im Vorderstrange eine besondere Bahn als faisceau sulco-maginal ascendant,

*) Journal of Physiology, Vol. XIV S. 3.

Hier und da gewahrt man auch in pathologischen Fällen von Kompression proximaler Teile des Rückenmarkes, dass hier die randständige aufsteigende Degeneration auf den allerinnersten Saum des Vorderstranges übergeht. Dies kommt, wie schon erwähnt, auch beim Hunde nach Rückenmarkdurchschneidung zur Beobachtung, doch ist hier die Degeneration stets nur von geringer Ausdehnung (Fig. 55 und 56). Weiter gehen aber unsere Kenntnisse hierüber nicht und es bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten, über das in Rede stehende Fasersystem eingehendere Aufschlüsse zu bringen.

Etwas später als die Grundbündel entwickelt sich die sog. Kleinhirnseitenstrangbahn, welche sich in Form eines schmalen Saumes längs dem Rande der hinteren Seitenstranghälfte hinzieht (Fig. 59 *cl*, Fig. 60 *fc*)*). Schon *Foville* kannte diese Bahn; es war ihm aufgefallen dass beim Neugeborenen an der Peripherie der hinteren Seitenstranggegend lateral von der Pyramidenbahn, welche hier noch grau, weil marklos, erscheint, ein Bündel grober markhaltiger Fasern anzutreffen ist, das durch das verlängerte Mark hindurch bis zum Kleinhirn hinauf verfolgt werden kann.

Das in Rede stehende aus groben Fasern zusammengefügte Bündel wird zuerst im oberen Teil der Lendenanschwellung deutlich. Ganz im Beginn nimmt es ausserordentlich rapid an Umfang zu, so dass es schon in der unteren Hälfte des Brustmarkes einen ziemlich ansehnlichen Raum einnimmt; weiter aufwärts aber erfolgt der Faserzuwachs viel langsamer. Das Kleinhirnbündel kann mittelst des entwickelungsgeschichtlichen Verfahrens und, da es bei Rückenmarkerkrankungen gewöhnlich aufsteigend-degenerative Veränderungen darbietet (Fig. 61), auch nach der Degenerationsmethode in das verlängerte Mark hinein verfolgt werden; hierselbst geht es in das Corpus restiforme über und wendet sich schliesslich zum Oberwurme des Kleinhirns (s. unten).

In Bezug auf den Ursprung der Kleinhirnbahn im Rückenmarke kann es keinem Zweifel unterliegen, dass ein grosser Teil ihrer Fasern wie schon erwähnt aus der gleichseitigen *Klarke*schen Säule hervorgeht; daneben ist auch das Vorkommen anders entspringender Fasern nicht ausgeschlossen, doch kann die Zahl solcher allenfalls nur eine sehr geringe sein.**)

---

*) Nach meinen Erfahrungen ummarkt sich die Kleinhirnbahn nicht später als zu Beginn des sechsten Foetalmonates; denn bei Embryonen von 25—28 cm Länge besteht sie bereits aus markhaltigen Elementen.

**) Die neuerlichen hierauf bezüglichen gegenteiligen Behauptungen *Loewenthal*s scheinen mir der Begründung zu entbehren. Dieser Autor bestreitet den sicheren Zusammenhang des Kleinhirnbündels mit den *Klarke*schen Säulen auf Grundlage dessen, dass er nach Durchschneidung einer Hälfte der Oblongata bei einer neugeborenen Katze in der Folge eine ausgesprochene Atrophie der *Klarke*schen Zellen

Wie erwähnt erstreckt sich das Grundbündel zum Teile auch in die sog. Grenzschicht der grauen Substanz hinein. Nach den Ermittelungen von *P. Flechsig* liegt die Grenzschicht im oberen Halsmark lateral vom Vorderhorn und reicht von dessen vorderer Zellgruppe bis zum Hinterende des Horns. In der Halsanschwellung entspricht sie dem Winkel zwischen Vorder- und Hinterhorn. Im Thorakalmark rückt sie wiederum ventralwärts an den Seitenrand des Vorderhorns, erscheint hier aber schmächtiger als im oberen Halsteile. Über ihr Verhalten in der Lendenanschwellung ist nichts genaueres bekannt. Schon *Flechsig* hatte darauf hingewiesen, dass die Grenzschicht kein einheitliches System darstelle, und man vermutete darin teils kurze Bahnen, teils Abkömmlinge der *Klarke*schen Säulen, teils solche der hinteren Wurzeln. Doch ist das Vorkommen hinterer Wurzelfasern in der Grenzschicht zweifellos ausgeschlossen, da Degeneration jener keine solche Veränderungen in dieser zur Folge hat. Die *Klarke*schen Fasern hinwiederum gehen auf ihrem Wege zur Kleinhirnbahn zwar durch die Grenzschicht hindurch, werden aber nicht zu Längsfasern der letzteren. Es erübrigt daher nur die Annahme, die Grenzschicht bestehe aus kurzen, der nachbarlichen grauen Substanz entstammenden Elementen. In der That ist durch Untersuchungen von *Ramón y Cajal* gezeigt worden, dass

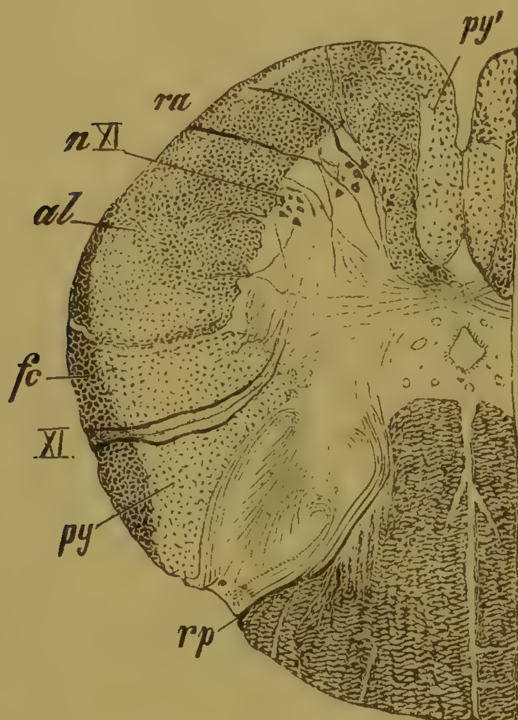



Fig. 60.

Querschnitt durch das Halsmark in der Höhe des I. Cervicalnerven. *Pal*sche Färbung. *rp* hintere Wurzel des N. cervicalis I; *py* Pyramidenseitenstrangbahn; *fc* Kleinhirnbündel; *al* Tractus anterolateralis; *ra* vordere Wurzel; *py'* Pyramidenvorderstrangbahn; *XI*, *nXI* Wurzel und Kern des N. accessorius *Willisii*.



Fig. 61.

Sekundäre aufsteigende und absteigende Degeneration im Rückenmarke. Nach *Strümpell*.

---

konstatierte, während das Kleinhirnbündel sich als unversehrt erwies. Jedoch ist hierbei der Umstand gänzlich unberücksichtigt geblieben, dass die *Klarke*schen Säulen nicht nur die Kleinhirnbahn, sondern auch andere Faserzüge des Markes aus sich hervorgehen lassen.

die in Frage stehenden Fasern in Zellen des Vorder- und Hinterhorns wurzeln und dass sie nach kurzem auf- und absteigendem Verlauf schliesslich zur grauen Substanz zurückkehren. In der Grenzschicht würde sonach 1) ein mehr ventraler, zu dem Grau des Vorderhorns, und 2) ein mehr dorsal gelegener, vorwiegend zu Zellen des Hinterhorns in Beziehung stehender Abschnitt zu unterscheiden sein. Letzterer ist zuerst von mir nach der Markscheidenmethode dargestellt und als **mediales Seitenstrangbündel** (Fig. 59 *i*) bezeichnet worden.*) Die Fasern dieses Bündels entwickeln sich später als viele Teile des Grundbündels, aber frühzeitiger als die übrigen Nachbarstränge, und infolgedessen ist dasselbe am Rückenmark entsprechender Embryonen leicht nachzuweisen (Fig. 62, 63). Es liegt unmittelbar lateral von der grauen Substanz dorsalwärts vom Seitenhorn, nimmt somit einen Teil des Raumes zwischen Pyramidenbahn und grauer Substanz ein. Mit seinem vordersten verbreiter-




Fig. 62.

**Querschnitt durch das Rückenmark einer 7monatigen menschlichen Frucht.** In den Hintersträngen sind markhaltig die *Burdach*schen Stränge aussschliesslich der dorsalen Zone (*a*), sowie die *Goll*schen Stränge neben dem Septum dorsale. Färbung nach *Weigert*.



Fig. 63.

**Querschnitt des Rückenmarkes eines 5—6monatigen menschlichen Foetus.** Markhaltig ist in den Hintersträngen nur die antero-laterale Zone des Keilstranges. *Weigert*sche Färbung.

*) *A. Bruce* (Revue neurol. 1896. Nr. 23) beschreibt einen Fall von amyotrophischer Lateralsklerose, wo ausser der Pyramidenseitenstrangbahn und den Vorderhornzellen das Vorderseitenstranggrundbündel und gleichzeitig der ventrale Teil der Grenzschicht entartet gefunden wurden, während der dorsale, mit dem Grau des Hinterhorns zusammenhängende Abschnitt der letzteren unversehrt erschien. Das

ten Ende lagert es sich in dem Winkel zwischen Vorder- und Hinterhorn, doch ist hier sein topographisches Verhalten je nach dem Niveau ein etwas veränderliches. Dorsalwärts erstreckt sich der Querschnitt des Bündels unter allmählicher Verschmächtigung bis zum hinteren Teil des Hinterhorns.

In Betreff der Herkunft des in Rede stehenden Stranges ist bereits erwähnt worden, dass derselbe zu Zellen mehr nach hinten gelegener Teile der grauen Substanz in Beziehungen steht, und dass er ferner aus kurzen Fasern sich zusammensetzt, da eine Degeneration desselben beim Menschen bis jetzt nicht beobachtet ist. Beim Kaninchen habe ich nach Rückenmarkdurchschneidung eine in geringer Ausdehnung von der Läsionsstelle aufsteigende Degeneration dieses Stranges zu beobachten Gelegenheit gehabt.

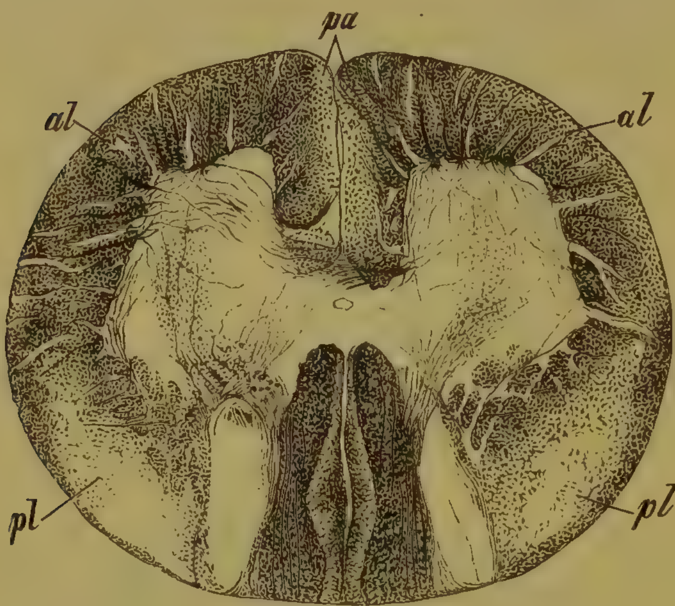



Fig. 64.
**Rückenmark einer 8monatigen menschlichen Frucht.** In den Vorderseitensträngen sind marklos: die Pyramidenstränge (*pa*, *pl*) und die *Gowers*schen Bündel (*al*); die Hinterstränge dagegen sind markhaltig mit Ausnahme eines Teiles der *Goll*schen Stränge. (*al* vordere Grenze des Fasciculus antero-lateralis). Färbung nach *Pal*.

Etwas später als das mediale Bündel entwickelt sich jener Teil des Seitenstranges, welcher sich in den oberen Abschnitten des Markes unmittelbar nach aussen vom Grundbündel an der vorderen Peripherie des Seitenstranges und direkt vor der Kleinhirn- und Pyramidenseitenstrangbahn findet. Dies ist der sog. Fasciculus antero-lateralis des Seitenstranges (Fig. 59 *al*) welcher zuerst durch *Gowers* an der Hand der Degenerationsmethode und ganz unabhängig von ihm durch mich mittelst entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen nachgewiesen worden ist (Fig. 60 und 62).

Der Fasciculus antero-lateralis ist schon im unteren Brustmark nachweisbar und liegt hier vor-lateralwärts von der Pyramidenbahn. Aufwärts nimmt er allmählich an Mächtigkeit zu. In der oberen Hälfte des Brustmarkes liegen seine Fasern teils zerstreut zwischen den Ele-

---

Verhalten der Degenerationen verleiht somit der obigen Einteilung der Grenzschicht eine weitere Stütze.

menten der hinteren Grundbündelgegend, teils aber sammeln sie sich in dem Winkel zwischen Vordergrenze der Pyramidenbahn und Kleinhirnbahn. Aufwärts von der Halsanschwellung endlich gestaltet er sich zu einem mehr kompakten Strang, welcher sich einerseits an den vorderen Abschnitt der Kleinhirnbahn anlehnt, andererseits der Peripherie des Markes etwa bis zur Austrittsstelle der Vorderwurzeln folgt (Fig. 33 *al*).

Nach der Darstellung von *Gowers* erstreckt sich der Fasciculus antero-lateralis längs dem Rande des Markes dicht bis zur vorderen Pyramidenbahn,*) jedoch stimmt dies mit den Ergebnissen meiner ganz unabhängig von *Gowers* ausgeführten entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen nicht ganz überein. Wenn *Gowers* mit Rücksicht auf

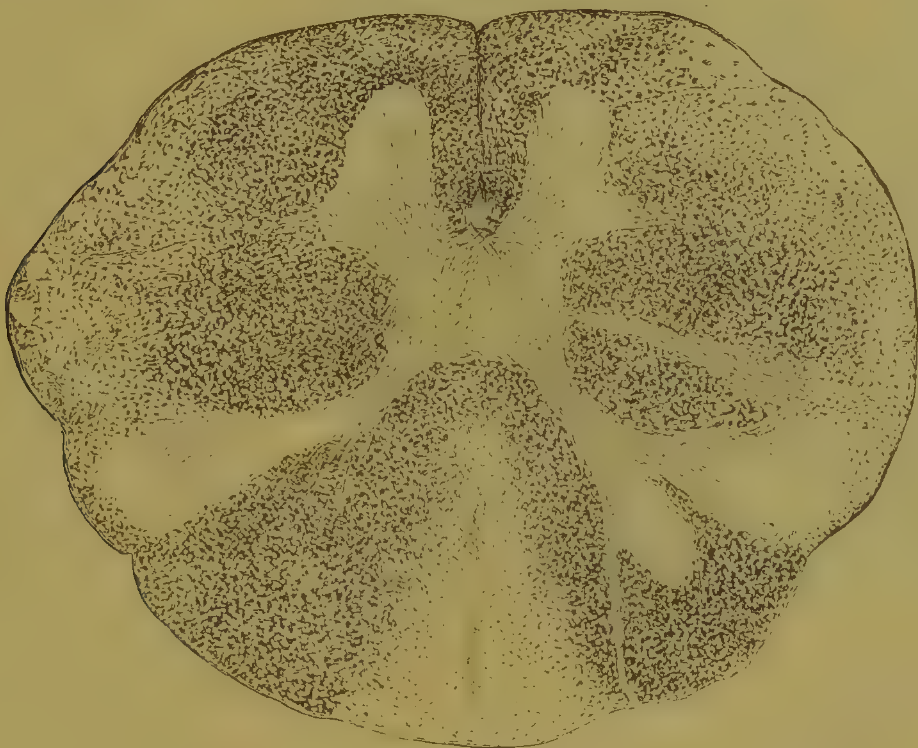


Fig. 65.

Aufsteigende Degeneration der *Goll*schen Hinterstränge, sowie des Kleinhirnbündels und des Fasciculus antero-lateralis im Seitenstrang.

diese Differenz der Befunde darauf hinweist, dass der in Rede stehende Strang jenseits der Wurzel ausserordentlich schmächtig sei, so kann diese Erklärung für die oberen Rückenmarksgebiete jedenfalls keine Gültigkeit haben, indem hier, wie unten gezeigt wird, an der Peripherie des Vorderstranges zwei aus späteren Entwickelungsperioden stammende Bündel, nämlich das vordere Randbündel und der Olivenstrang ihre Lage haben.

Was den Ursprung der Fasern des antero-lateralen Bündels anlangt, so scheinen dieselben aus der Mittelzone der grauen Substanz

*) *Gowers*, Neurol. Centralbl. 1886, S. 150.

hervorzugehen. Zweifellos ist jedenfalls, dass sie nicht in den *Klarke*schen Säulen wurzeln.

Hirnwärts lässt sich der Fasciculus antero-lateralis bei Embryonen in die Brücke hinein verfolgen. Von seinen weiteren Bahnen wird an einem späteren Orte die Rede sein.

In pathologischen Fällen von Rückenmarkläsionen degeneriert dieses Bündel nach den Ermittelungen von *Gowers* und mir in aufsteigender Richtung. Da ferner die Degeneration noch jenseits des verlängerten Markes nachweisbar ist, so ergiebt sich, dass das antero-laterale Bündel eine lange Bahn vorstellt, welche sich vom Rückenmarke bis in den Hirnstamm hinein erstreckt.

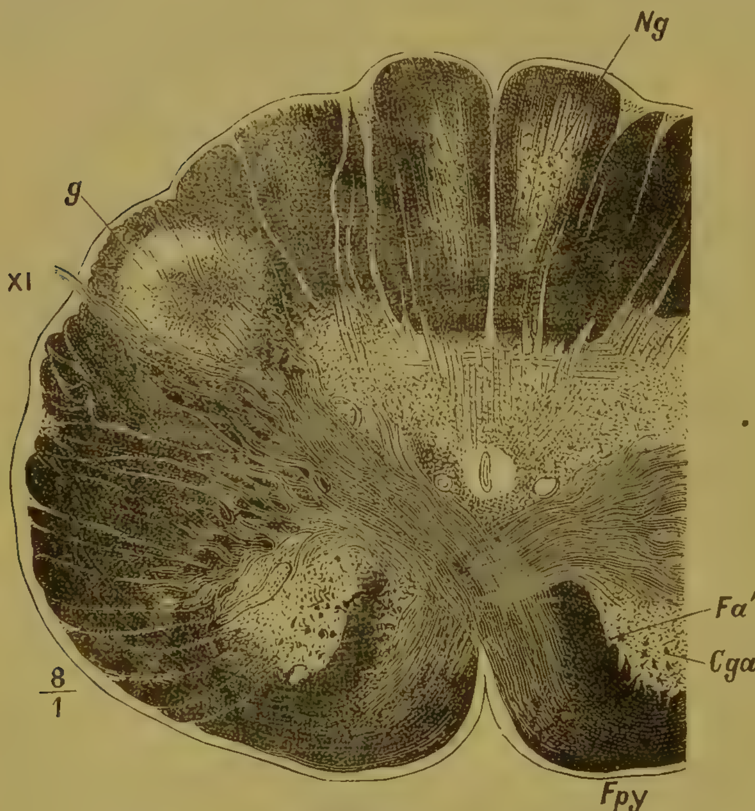



Fig. 66.

Durchschnitt in der Höhe der Pyramidenkreuzung. *Fpy* Pyramide. *Cga* Vorderhorn. *Fa'* Vorderstranggrundbündel. *Ng* Kern des zarten Stranges, *g* Substantia gelatinosa. XI. Nervus accessorius. Nach *Henle*.

Ich bemerke indessen, dass die Litteratur auch über Fälle von absteigender Degeneration des Fasciculus antero-lateralis berichtet; wiewohl es nicht unmöglich ist, dass es sich in den resp. Fällen um absteigende Degeneration des unmittelbar benachbarten vorderen Randbündels (s. unten) gehandelt habe, so ist doch andererseits die Möglichkeit des Vorkommens absteigender Fasern im antero-lateralen Bündel nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen.

Die Degenerationen des Fasciculus antero-lateralis sind in pathologischen Fällen in der Regel mit solchen der Kleinhirnbahn vergesellschaftet, obgleich viele Fälle bekannt sind, wo jenes getrennt von diesem entartete. Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse zeigen neuere Untersuchungen von *Barcacci*,*) dass bei Läsionen des Rückenmarkes in der Gegend des XII. Brustwirbels nur das antero-laterale Bündel in den Seitensträngen degeneriert, und erst bei Läsionen im Niveau des

*) Centralbl. f. allg. Pathol. 1891.

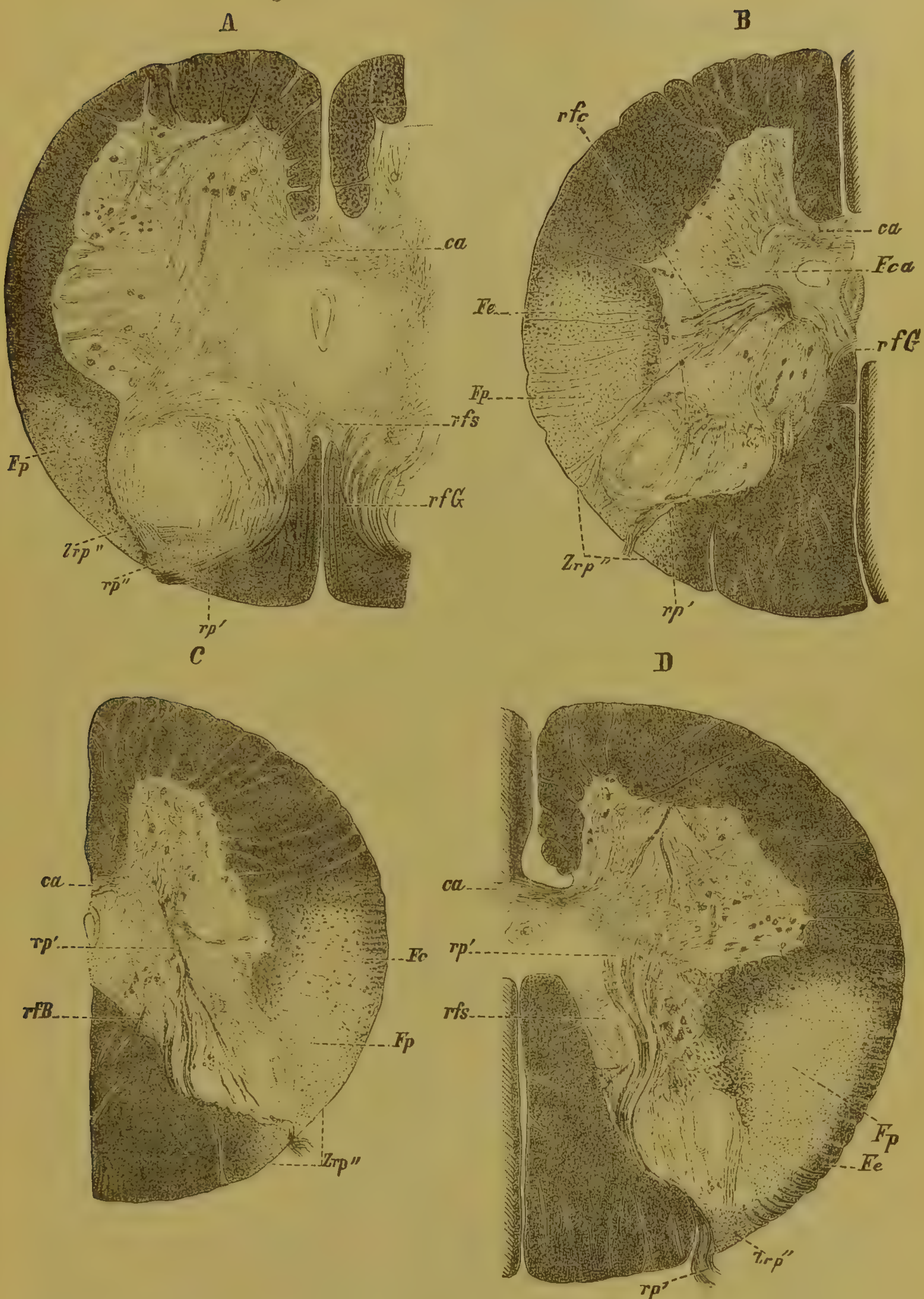



Fig. 67.

Querschnitte durch das Rückenmark eines Neugeborenen. *A* aus dem Sakralmark. *B* aus dem Übergangsteil zwischen Lendenanschwellung und Brustmark. *C* aus dem Brustteil. *D* aus der Halsanschwellung.

*ca* ventrale Kommissur; *Fp* Pyramidenseitenstrangbündel; *Fe* direktes Kleinhirnbündel; *rp'* gröbere mediale Wurzelfasern; *rp''* feinere laterale Wurzelfasern; *Zrp''* äusseres Wurzelgebiet oder Randzone; *rfc* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur Kleinhirnbahn; *Fca* Fasern aus der *Klarke*schen Säule zur vorderen Kommissur; *rfG* Fasern der grauen Substanz zu den Hintersträngen; *rfs* Faserkreuzung in der dorsalen Kommissur. Färbung nach *Weigert*.

VI. Brustnerven fand der genannte Autor gleichzeitig Degeneration der Kleinhirnbahn.

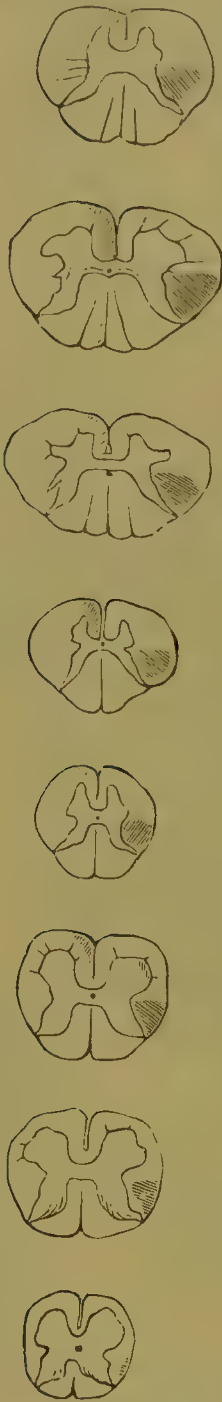


Fig. 68.
Sekundäre absteigende Degeneration der Pyramidenbahnen nach einem Krankheitsherd in der linken Grosshirnhemisphäre. Nach *Erb.*

Später als sämtliche anderen Bestandteile der Vorderseitenstränge und der weissen Substanz überhaupt erhalten ihre Markscheiden die Pyramidenbahnen (Fig. 67 *Fp*) und der von mir und *Helweg* beschriebene Olivenstrang.

Die Pyramidenbahnen, welche ihren Namen dem Umstande verdanken, dass sie eine Fortsetzung der Pyramiden des verlängerten Markes darstellen, bestehen aus zwei Hauptbestandteilen: aus einem vorderen ungekreuzten Bündel im medialen Abschnitte des Vorderstranges (Fig. 59, 60, 62, 64) und einem grösseren seitlichen Bündel in der hinteren Hälfte des Seitenstranges, welch' letzteres aussen an die Kleinhirnbahn, vorn an den Fasciculus antero-lateralis und das Seitenstranggrundbündel, innen an das mediale Bündel und hinten an die laterale Wurzelzone angrenzt und inmitten gekreuzter Fasern eine Anzahl ungekreuzter Elemente beherbergt. Jenes stellt eine relativ kurze Bahn vor und verschwindet zumeist in der oberen Hälfte des Halsmarkes, ja manchmal bereits oberhalb der Halsanschwellung, dieses dagegen kann bis zur Lendenanschwellung verfolgt werden und endet etwa im Gebiete des III.—IV. Sakralnerven (Fig. 68). Übrigens steigt das Ende der Pyramidenbahn nach den auf einen Fall von rechtsseitiger Hemiplegie sich beziehenden Untersuchungen von *Dejerine* und *Thomas* (*Marchi*-Methode) in viel tiefere Teile des Markes hinab. In dem erwähnten Fall war 1) die gekreuzte Pyramidenbahn bis zum oberen Teil des Filum terminale zu verfolgen, doch schon in der Gegend des vierten Sakralnerven erschien sie im Seitenstrange unscharf begrenzt und rückte nach und nach peripheriewärts; 2) die ungekreuzte Pyramidenbahn reichte bis zum Niveau des ersten Steissnerven, in der Lendenanschwellung besass sie die Form eines Komma, dessen verbreitertes Ende nach hinten sah und die ventrale Kommissur berührte, der vordere zugespitzte Abschnitt des Bündels wurde distalwärts immer schmächtiger und in der Höhe des vierten Sakralnerven bestand die vordere Pyramidenbahn nur aus

wenigen Fasern im dorso-medialen Teile des Vorderstranges; 3) homolaterale Pyramidenfasern endlich konnten als zerstreute Bündel bis zur Ebene des vierten Sakralnerven nachgewiesen werden.

Beide Pyramidenstränge stehen in nächster Beziehung zu den Vorderhörnern des Rückenmarkes bezw. zu den grossen multipolaren Wurzelzellen derselben. Bei Läsionen im oberen und mittleren Abschnitt der Centralwindungen, der Ursprungsstätte der Pyramidenbahnen, oder bei Unterbrechung ihres Verlaufes durch einen Krankheitsherd degenerieren die Fasern derselben in absteigender Richtung bis zu den Vorderhörnern des Rückenmarkes hinab. Dabei erweist es sich, dass nach Läsionen in einer Hirnhälfte das vordere Pyramidenbündel als das ungekreuzte in der homolateralen, das seitliche gekreuzte Bündel hingegen in der contralateralen Markhälfte degeneriert (Fig. 68). Die Beobachtung lehrt ferner, dass die Ausdehnung der Degeneration von der Grösse des Krankheitsherdes und von seiner Lage auf der Gehirnoberfläche abhängt. Beschränkt sich die Läsion z. B. auf die Gegend des Centrums der oberen Extremität, so geht die Degeneration nur bis zur Höhe der Halsanschwellung; bei Affektionen der Centra für die unteren Gliedmassen, sowie bei solchen der ganzen motorischen Zone kann sie bis zur Lendenanschwellung verfolgt werden.

Was das endliche Schicksal der Pyramidenbahnen anlangt, so gestaltet sich dasselbe folgendermassen.

Von den Fasern des seitlichen Pyramidenstranges lösen sich, wie dies ja bei den longitudinalen Elementen der Seitenstränge das Gewöhnliche ist, von Zeit zu Zeit Kollateralen ab, welche in die gleichseitige graue Substanz eindringen und mit ihren Endbäumchen die motorischen Zellen des gleichseitigen Vorderhornes erreichen; ganz analog erfolgt auch die Endigung der Stammfasern. Von den Fasern des vorderen Pyramidenstranges entspringen ebenfalls Kollateralen, welche gleich ihren Stammfasern zu den motorischen Vorderhornzellen gelangen und sich hier in freie baumförmige Endramifikationen aufsplittern. Infolge des successiven Eintrittes ihrer Fasern in die graue Substanz erschöpfen sich die Pyramidenbahnen nach unten hin allmählich, um schliesslich vollständig zu verschwinden.

Die Frage, ob das ungekreuzte vordere Pyramidenbündel im Rückenmarke selbst zur Kreuzung gelangt, harrte bis in die neueste Zeit hinein ihrer endgiltigen Lösung. Viele halten daran fest, dass die partielle Pyramidenkreuzung bei dem Menschen nur eine scheinbare sei und durch eine Nachkreuzung in der vorderen Kommissur des Rückenmarkes zur totalen werde. Jedoch vermag die Untersuchung des embryonalen und jugendlichen Rückenmarkes keine Thatsachen zu eruieren, welche in überzeugender Weise für die Richtigkeit einer solchen Anschauung sprechen würden. Von hoher Bedeutung sind hier

insbesondere die Befunde an *Golgi*schen Präparaten. Diesbezügliche Untersuchungen von *Ramón y Cajal* haben gezeigt, dass beim Hühnchen und bei Säugern aus den Vordersträngen sehr zahlreiche Kollateralen in die ventrale Kommissur eintreten, ein Befund der späterhin durch *Kölliker*, *van Gehuchten* und *v. Lenhossék* bestätigt worden ist. Indessen kommt hierdurch die obige Frage ihrer Lösung nicht näher, da eine vordere Pyramidenbahn weder beim Hühnchen noch bei Säugetieren vorkommt und die fraglichen Kollateralen daher nur den Vorderstranggrundbündeln angehören können.

Infolge dieses Umstandes können im vorliegenden Falle nur Untersuchungen am menschlichen Rückenmarke von ausschlaggebender Bedeutung sein. Aus den neueren einschlägigen Mitteilungen von *v. Lenhossék*, welche mit den Ergebnissen der entwickelungsgeschichtlichen Methode bis zu einem gewissen Grade übereinstimmen, geht hervor, dass beim Menschen weder Kollateralen des Grundbündels, noch solche der vorderen Pyramidenbahn in die Kommissur gelangen.*) Von den spärlichen und ausserordentlich feinen Kollateralen des Pyramidenvorderstranges konnte *v. Lenhossék* an seinen Präparaten vielmehr ermitteln, dass sie stets quer durch den Vorderstrang zu dem gleichseitigen Vorderhorne hinziehen und niemals in sagittaler Richtung der vorderen Kommissur zustreben. Der vordere Pyramidenstrang hat demnach Beziehungen zu Nervenzellen des gleichseitigen, nicht aber zu solchen des entgegengesetzten Vorderhornes. In diesem Sinne lauten, wie gesagt, auch die Resultate der Markscheidenmethode. Wenn sich nämlich vordere Pyramidenfasern in der vorderen Kommissur kreuzen würden, so müsste letztere im embryonalen Rückenmark ein markloses Gebiet erkennen lassen, was aber in Wirklichkeit nicht der Fall ist.

Die Pyramidenbahn ist bezüglich ihrer räumlichen Ausdehnung und ihrer Lagerung im Rückenmarksquerschnitt erheblichen individuellen Schwankungen unterworfen. Vollständiges Ausbleiben der Pyramidenkreuzung ist ungemein selten, die gesamte Pyramidenbahn lagert sich in solchen Fällen im Vorderstrange. Verhältnismässig selten sind auch Fälle von einseitigem Fehlen der Kreuzung, wo in der einen Markhälfte totaler Mangel der lateralen Pyramidenbahn besteht, während um so mächtiger der Pyramidenvorderstrang derjenigen Seite entwickelt ist, welche der ungekreuzt gebliebenen Pyramide entspricht.

Etwas häufiger beobachtet man totale Kreuzung der Pyramiden, wobei im Rückenmarke wohl seitliche, aber keine vorderen Pyramidenstränge vorhanden sind. Auch sind Fälle bekannt, wo eine Pyramide total, die andere aber partiell kreuzt; der Pyramidenvorderstrang fehlt

---

*) *v. Lenhossék*, Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. Berlin 1895, S. 378 ff.

dann auf der einen Seite ganz, während er auf der anderen zugegen ist. Am allerhäufigsten aber ist partielle, wenn auch meist ungleichmässige Kreuzung beider Pyramiden und in jeder Markhälfte somit je eine seitliche und eine vordere Pyramidenbahn anzutreffen.

Eine grosse Reihe weiterer Variationen betrifft die Lage und die relative Grösse des Querschnittes der Pyramidenbahnen in den Vorder- und Seitensträngen des Markes. Jede Lageveränderung der Pyramidenbahn bedingt natürlich eine gleichzeitige Verschiebung der nachbarlichen Stränge; indessen sind neben zahlreichen unwesentlichen Schwankungen auffallendere Verlagerungen der in Rede stehenden Stränge im ganzen nicht sehr häufig. Von grösserem Belang dagegen sind meines Erachtens die ziemlich häufigen, ja ganz gewöhnlichen Schwankungen der relativen Mächtigkeit der vorderen und seitlichen Pyramidenbahnen, Verhältnisse, auf welche zuerst *Flechsig* aufmerksam geworden ist. Nach *Flechsig* besteht zwischen ungekreuztem Pyramidenvorderstrang und gekreuztem Pyramidenseitenstrang ein derartiges Wechselverhältnis, dass bei relativ starker Ausbildung eines der Pyramidenseitenstränge — der contralaterale Pyramidenvorderstrang nur wenig entwickelt ist, und umgekehrt. Dieses Gesetz erweist sich nach meinen Erfahrungen im grossen und allgemeinen als zutreffend, jedoch nicht für alle, sondern nur für die Mehrzahl der Fälle; Ausnahmen sind hier gar nicht zu selten.

Recht häufig macht sich eine ungleichmässige Entwickelung der Pyramiden und gleichzeitig auch der entsprechenden Pyramidenstränge bemerkbar. In einigen Fällen erscheinen ferner die Pyramiden bezw. die Pyramidenbahnen verhältnismässig klein, in anderen dagegen verhältnismässig gross.

Von den Pyramidenvordersträngen endlich ist zu bemerken, dass nicht nur die Grösse ihres Querschnittes variiert, sondern dass nach meinen Beobachtungen in einzelnen Fällen auch ihre Länge ausserordentlichen Schwankungen unterliegt. Manchmal reicht die vordere Pyramidenbahn etwa bis zur Mitte des Brustmarkes oder noch weiter abwärts, ein anderes Mal dagegen erstreckt sie sich nur bis zum oberen Abschnitt des Brustmarkes, in noch anderen Fällen verstreicht sie schon im oberen Halsmark. Konstante Unterschiede zwischen rechter und linker Markhälfte sind in dieser Beziehung nicht erweislich.*)

---

*) In der Tierreihe finden sich bezüglich der Entwickelung der Pyramidenstränge erhebliche Unterschiede; ihre Mächtigkeit steht nach meinen Erfahrungen in direktem Verhältnis zu dem Grade der Anpassung der Gliedmassen eines Tieres an bestimmte werkzeugähnliche Bewegungen. Auch die relative Lage der Pyramidenstränge wechselt ausserordentlich. In der Reihe der Vertebraten, höhere (Hund, Katze) nicht ausgenommen, fehlt eine vordere Pyramidenbahn vollständig, statt dessen ist ein ungekreuzter Pyramidenseitenstrang vorhanden; bei einigen

Die angedeuteten Varietäten der Dimensionen und Kreuzungsverhältnisse der Pyramidenbahn spielen zweifellos auch in der klinischen Medizin und pathologischen Anatomie eine gewisse Rolle, umsomehr erschien eine etwas einlässlichere Besprechung derselben hier am Platze. Auch die übrigen Stränge des Rückenmarkes weisen nach Lage und Dimensionen nicht unbeträchtliche Schwankungen auf; dies macht sich insbesondere bezüglich des Fasciculus antero-lateralis und der Kleinhirnbahn bemerkbar, allein bei weitem nicht in dem Masse, wie oben von den Pyramidenbahnen berichtet.

Durch Untersuchung der sekundären Degenerationen ist dargethan worden, dass die den einzelnen motorischen Centren entsprechenden Pyramidenfasern weder in den Pyramiden selbst, noch auch im Rückenmarke eine besondere Lokalisation besitzen, sondern mehr oder weniger gleichmässig miteinander gemischt erscheinen. Weiterhin zeigte es sich, dass im Seitenstrange ausser einer gekreuzten Pyramidenbahn bei Tieren konstant, beim Menschen aber ausserordentlich häufig ein schwächerer aus vereinzelten Fasern bestehender ungekreuzter Pyramidenstrang vorkommt. Letzterer vertritt gewissermassen die in der Tierreihe zumeist fehlende ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn. Unten kommen wir nach Kenntnisnahme des gesamten Verlaufes der Pyramidenbahnen auf diese Frage noch näher zurück.

In der Pyramidenbahn sind, wie ich unlängst nachgewiesen, zerstreute Fasern eingelagert, welche einer etwas früheren Entwickelungsphase entstammen. Dieselben gehören einem ganz selbständigen System an; denn bei Degeneration der Pyramidenbahn nach Gehirnaffektionen findet man stets eine Anzahl nicht degenerierter Fasern, die mit jenen älteren Elementen der Pyramidenstränge allem Anscheine nach identisch sind. Sie entsprechen meines Erachtens in allen Stücken dem mittelst der Degenerationsmethode aufgefundenen intermediären System von *Löwenthal* und können daher mit Recht als intermediäres Bündel zusammengefasst werden (Fig. 55 und 56 *d*).

Die in Rede stehenden Fasern haben ihren Ursprung im Kleinhirn und gesellen sich im verlängerten Marke zu den Pyramidenbahnen. Dies erhellt einerseits aus dem Umstande, dass sie proximal von der Brücke nicht mehr angetroffen werden, andererseits zeugt hierfür die Thatsache, dass nach halbseitiger Entfernung des Kleinhirns u. a. absteigende Entartung homolateraler Pyramidenfasern und sogar vorderer Wurzelfasern beobachtet ist.*)

Nach Durchschneidung des hinteren Kleinhirnstieles sah kürzlich

---

Tieren (Ratte, Maus, Meerschweinchen) verläuft die Pyramidenbahn nicht in den Seitensträngen, sondern im vorderen Teil der Hinterstränge (*v. Lenhossék, ich*).

*) *Marchi,* Rivista Sperimentale di freniatria. XIII 1883.

*Biedl**) und darauf *A. Basilewski***) das intermediäre Bündel durch das ganze Rückenmark bis zur Lendengegend hinab degenerieren (Fig. 69 und 70). Es folgt hieraus einmal, dass die fraglichen Fasern nicht wie *Marchi* annahm mit dem mittleren, sondern mit dem hinteren Kleinhirnschenkel zum Rückenmarke gelangen, und weiterhin dass sie eine centrifugale Kleinhirnbahn darstellen, über welche es bis in die neueste Zeit hinein an bestimmten Angaben gefehlt hat.***)

Meine Präparate lehren mich ferner, dass das Querschnittsfeld der sekundär degenerierten seitlichen Pyramidenbahn um ein merkliches weniger nach vorne reicht, als das marklose Gebiet derselben an dem jugendlichen Rückenmark. Dieser Umstand scheint dafür zu sprechen,



Fig. 69.



Fig. 70.

Sekundäre absteigende Degeneration in den Vorderseitensträngen nach Durchschneidung des hinteren Kleinhirnstieles. Nach *Biedl.*

dass in dem vorderen Teil des der Pyramidenbahn entsprechenden marklosen Gebietes der Seitenstränge ausser dieser noch ein anderes sich spät ummarkendes Fasersystem eingeschlossen sei, welches höchst wahrscheinlich aus dem Sehhügel hervorgeht und durch die *Forel*sche Kreuzung zum Rückenmarke gelangt.

---

*) Absteigende Kleinhirnbahnen. Neurol. Centralbl. 1895 No. 10 u. 11.

**) Inaug.-Dissert. (aus meinem Laboratorium). S. Petersburg 1896.

***) Indem *Biedl* aus seinen Versuchen den Schluss zieht, dass die Pyramidenstränge neben cortikomuskulären Systemen auch centrifugale Kleinhirnbahnen enthalten, nimmt er irrtümlich an, dass die Litteratur zu dieser seiner Schlussfolgerung keinerlei weitere Grundlagen biete (Neurol. Centralbl. 1895, S. 497). Schon in der ersten Auflage dieses Buches habe ich das betreffende Fasersystem, welches von mir an der Hand der entwickelungsgeschichtlichen Methode vor Jahren dargestellt worden war, als identisch mit jenen Fasern erklärt, die sich in den Versuchen von *Marchi* mit unilateraler Kleinhirnabtragung in den Pyramidensträngen als degeneriert erwiesen hatten. Die Existenz einer centrifugalen Kleinhirnbahn in den Pyramidensträngen war mir schon lange vor *Biedl* von meinen entwickelungsgeschichtlichen Beobachtungen her bekannt.

In dem oberen Abschnitte des Rückenmarkes tritt bei Untersuchung der Markscheidenentwickelung ein Faserzug hervor, welcher in der distalen Oblongatagegend an die untere Olive anstösst und darum von mir Olivenstrang genannt wird.

Dieser Faserzug (Fig. 71 und 72 *fo*) gehört nach meinen Beobachtungen mit zu den jüngsten Systemen des Rückenmarkes; er ummarkt

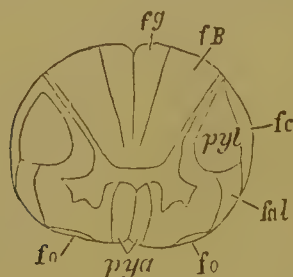



Fig. 71.

*fo* Olivenstrang. *pya* vorderer Pyramidenstrang. *pyl* seitlicher Pyramidenstrang. *fal* Fasciculus antero-lateralis. *fg* zarter Strang. *fB* Keilstrang. *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn.

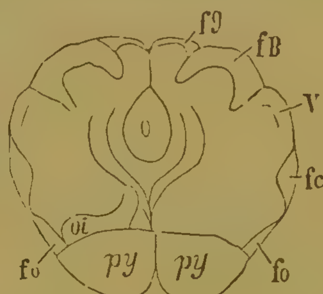



Fig. 72.

*fo* Olivenstrang. *fg* zarter Strang. *fB* Keilstrang. *fc* Kleinhirnbündel. *V* aufsteigende Trigeminuswurzel. *oi* untere Olive. *py* Pyramide.

sich noch später als die Pyramidenbahn und gelangt jedenfalls erst nach der Geburt zu voller Entwickelung. Er tritt daher mit grosser Deutlichkeit am Rückenmarke Neugeborener hervor, wo ausser ihm nur noch die Pyramidenbahnen der Markscheiden entbehren. Sein Verbreitungsgebiet beschränkt sich, wie Durchschnitte des jugendlichen Markes sofort erkennen lassen, im wesentlichen auf den oberen Teil des Rückenmarkes bezw. das Halsmark und den unteren Abschnitt der Oblongata; ein schmaler Streifen desselben taucht zum ersten Mal auf Querschnitten der Halsanschwellung zwischen den vorderen Nervenwurzeln auf, um entsprechend dem Unterrande der grossen Olive wiederum zu verschwinden (Fig. 71 u. 72 *fo*, vgl. auch Fig. 73, 74, 75).



Fig. 73.

**Rückenmark von einem menschlichen Foetus kurz vor der Geburt.** In der Gegend der vorderen Wurzel sieht man den marklosen Olivenstrang.

In seinem abwärtigen Gebiet liegt der Olivenstrang an der Grenze zwischen Vorder- und Seitenstrang, in der Gegend des Austrittes der vorderen Wurzeln; aufwärts breitet er sich durch Aufnahme neuer Fasern schnell aus, rückt immer mehr nach vorne und erreicht beim Übergange in das verlängerte Mark, wo er bereits einen ziemlich ansehnlichen Umfang besitzt, den Rand der Pyramide.

Was die äussere Form dieses Bündels

betrifft, so erscheint sein Querschnitt ganz unten linsenförmig und nimmt im mittleren Halsmark die Gestalt eines Dreiecks an, welche gegen die Medulla oblongata hin sich wiederum verwischt.

Während seines Überganges in das verlängerte Mark rückt der Olivenstrang, wie gesagt, stetig nach vorne und liegt im unteren Teil der Oblongata bereits hart am Rande der Pyramide (Fig. 74 und 75); mit dem Erscheinen der unteren Olive aber verschwindet er plötzlich. Man könnte im Hinblicke auf den letztgenannten Umstand an Beziehungen des inredestehenden Bündels zu den Nervenzellen



Fig. 74.



Fig. 75.

**Durchschnitte von dem Foetus in Fig. 73. Der Olivenstrang findet sich am Rande der Oblongata unmittelbar lateral von der Pyramide. Fig. 75 zeigt medial vom Olivenstrang den Anfang der Oliva inferior.**

der unteren Olive denken, doch sind für diese Annahme noch keine vollgiltigen Beweise vorhanden.

Die Fasern des Olivenstranges gehören zu den feineren Elementen, doch ist es mir zweifelhaft, ob sie mit den in der Umgebung des Grundbündels resp. in dem gemischten System von *Flechsig* und in der Nachbarschaft des Vorderhornes zerstreut liegenden Fäserchen ein einheitliches System bilden, wie solches von *Helweg*, welcher ebenfalls auf den betrachteten Faserstrang aufmerksam geworden ist, angenommen wird. Im ersten Monat nach der Geburt erscheint nämlich der Olivenstrang noch ganz oder doch nahezu marklos, wogegen die Grundbündel schon überallhin Markscheiden aufgenommen haben.*) Immerhin aber

*) Die im Olivenstrange zwischen den feinen Fasern vorkommenden gröberen Elemente entstammen einer älteren Entwickelungsperiode und gehören offenbar den nachbarlichen Fasersystemen an.

unterliegt es keinem Zweifel, dass ersterer in dem gleichseitigen Vorderhorne des Markes entspringt und demgemäss das Gebiet des Grundbündels passieren muss.

*Ciaglinski* beschreibt in der grauen Substanz zwischen Centralkanal und vorderem Abschnitt des Hinterhorns einen Faserzug, welcher durch das ganze Rückenmark hindurch aufsteigend degenerieren soll. Doch vermochten speziell auf diesen Gegenstand hin gerichtete Untersuchungen anderer Autoren das Vorkommen eines derartigen Faserzuges nicht zu bestätigen.

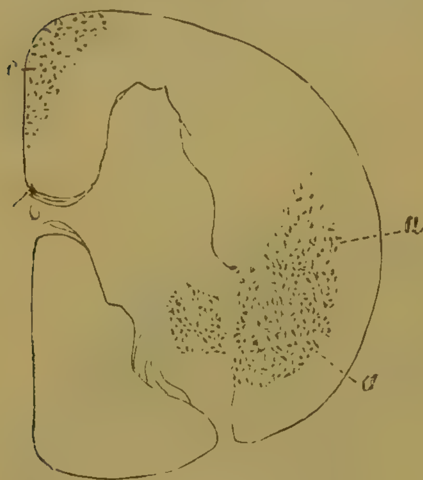



Fig. 76.

Durchschnitt durch das obere Ende des Halsmarkes. *a* degenerierte Pyramidenseitenstrangbahn; *d* degenerierte Seitenstrangfasern aus der *Forel*schen Kreuzung; *c* degenerierte Vorderseitenstrangfasern aus der *Meynert*schen Kreuzung.

Im Vorstehenden sind nun sämtliche Rückenmarksbahnen abgehandelt worden, und es erübrigt hier noch, die ungemein interessante Frage nach der Zeitfolge des Auftretens sekundärer Degenerationen in den einzelnen Strängen des Markes näher ins Auge zu fassen. Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass nach Läsionen des Rückenmarkes die einzelnen Fasersysteme desselben nicht gleichzeitig, sondern in einer gewissen Reihenfolge nacheinander zu degenerieren pflegen. Neuere Versuche von *K. Schäffer* an Katzen haben in dieser Beziehung folgendes ermittelt: 1. Am vierten Tage nach der Durchtrennung des Rückenmarkes beginnt eine aufsteigende Degeneration im *Goll*schen Strang,




Fig. 77.

Durchschnitt durch das obere Ende des Halsmarkes. Nach Entfernung der motorischen Zone. *a* degenerierte seitliche Pyramidenbahn.




Fig. 78.

Durchschnitt durch das obere Ende des Halsmarkes. Nach Abtragung der linken Grosshirnhemisphäre. Linke Markhälfte. Keine Degeneration im Pyramidenstrang. *d* entartete Seitenstrangfasern aus der *Forel*schen Kreuzung, nach geschehener Kreuzung durchtrennt; *b* degenerierte Fasern aus dem Fasciculus longitudinalis posterior.

eine absteigende in dem Randbündel des Vorderstranges und in dem intermediären Bündel (faisceau intermédiaire) von *Loewenthal* sich zu entwickeln. 2. Am sechsten Tage tritt Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahn hinzu. 3. Am vierzehnten Tage beginnen bereits die lateralen Pyramidenbahnen zu entarten. 4. Der Höhepunkt des Markzerfalles tritt ein in den *Loewenthal*schen Bündeln am vierten, in der Kleinhirnbahn und den *Goll*schen Strängen am 12.—14. Tag. 5. Absteigende Degeneration der Hinterstränge am Orte der Kommafigur von *Schultze* ist am 4. Tage zu sehen, aber in sehr geringer Ausprägung; in der Folge schreitet sie nicht fort.*)

Am frühesten entarten demgemäss nach Querschnittsläsionen des Rückenmarkes die *Goll*schen und *Loewenthal*schen Stränge; daran schliessen sich die Kleinhirnbündel und ganz zuletzt folgen die Pyramidenbahnen. Wenn man mit *Schaffer* die Zeitfolge der Degenerationen der der Entwickelung gegenüberstellt, so ist eine gewisse Korrespondenz insofern nicht zu verkennen, als die der Entwickelung nach älteren Bahnen früher degenerieren, als die jüngeren (Pyramidenbahnen).**) Indessen ist diese Übereinstimmung keine allgemein zutreffende, indem einige schon frühzeitig markhaltige Systeme, wie die Kleinhirnbahn, später degenerieren, als gewisse jüngere, wie z. B. die zarten Stränge. Offenbar sind die Bedingungen, unter welchen der Degenerationsprozess im Rückenmarke fortschreitet, nicht identisch mit den Gesetzen der Entwickelung der einzelnen Bahnen.

Weiterhin ist in Beziehung auf die Abtrennung der einzelnen Stränge des Markes auf Grundlage ihrer Entwickelung zu bemerken, dass Körperlänge und Alter der Frucht nur einen annähernden Massstab zur Bestimmung der Entwickelungsstufe der Fasersysteme gewähren. Denn es fehlt einerseits bis heute an einer objektiven Methode zur Feststellung des Alters menschlicher Früchte; andererseits besteht keine strenge Übereinstimmung zwischen Körperlänge und Entwickelungsstufe bezw. Reife einer Frucht, insbesondere während des extrauterinen Lebens. Ganz abgesehen von zahlreichen individuellen Abweichungen giebt es zweifellos eine grosse Reihe von nur zum Teil oder noch gar nicht erkannten, im intrauterinen sowohl wie im extrauterinen Leben wirksamen Bedingungen, welche die Entwickelung des Nervensystemes und seiner Teile aufzuhalten, aber unter Umständen auch zu fördern vermögen.

Wenn unter den obwaltenden Verhältnissen die Körpergrösse eines

---

*) *Worotynski* und *Dobrotworski* (aus meinem Laboratorium) beschreiben die Rückenmarksdegenerationen in derselben Reihenfolge, nur bezüglich der Zeitangaben fanden sich einige Differenzen.

**) *K. Schaffer*, Neurol. Centralbl. 1895, S. 386.

Foetus keinen genauen Index für die Reife desselben und für die Entwickelungsstufe seines Nervensystems darstellt, so wird sie nichtsdestoweniger von allen Autoren als einzig möglicher Massstab benutzt, welcher zwar keinen genauen, aber doch einen annähernden Rückschluss auf die Entwickelungsstufe einer Frucht gewinnen lässt und bei der Verarbeitung embryologischen Materiales als unentbehrliche Handhabe Verwendung findet. Sehr grosse Untersuchungsreihen wären wohl imstande allgemeinere Gesetze an den Tag zu fördern, welchen wenigstens der relative Wert einer bestimmten Norm zukäme; allein solange dies nicht geschehen ist, würde man fehlgehen, wollte man Angaben, die nur auf annähernde Genauigkeit Anspruch erheben dürfen, eine absolute Bedeutung beimessen. Was hierbei in bestimmterer Weise zum Ausdruck gelangt ist meines Erachtens immer nur die zeitliche Aufeinanderfolge der Systementwickelung, nicht aber der genaue absolute Zeitpunkt der Entwickelung eines gegebenen Systemes.

Im ganzen wird man festhalten dürfen, dass sich am frühesten entwickelt der dem Vorderhorne angrenzende Teil des Grundbündels, sodann die vordere Zone des *Burdach*schen und die mittlere des *Goll*schen Stranges; es folgen auf der Stufenleiter der Entwickelung der Rest des Grundbündels, die Kleinhirnseitenstrangbahn, die mittlere und sofort auch die hintere Zone des Keilstranges; darauf entwickelt sich im Seitenstrange das mediale Bündel und nach einiger Zeit der Fasciculus antero-lateralis, im Hinterstrange der Rest der *Goll*schen Bündel und die Randzone. Endlich und zu allerletzt ummarken sich im Rückenmarke die Pyramidenbahnen und der Olivenstrang. Die Ummarkung vollzieht sich nicht gleichzeitig in ganzer Ausdehnung, sondern schreitet in der Richtung der physiologischen Leitung allmählich fort.

Die verschiedenen Fasersysteme des Rückenmarkes erscheinen nicht überall topographisch streng abgrenzbar. Am ehesten ist dies noch bezüglich der grossen Systeme, wie der *Goll*schen und *Burdach*schen Hinterstränge, der Grundbündel, der Kleinhirn- und Pyramidenbahn durchführbar; die übrigen weniger umfangreichen Stränge, wie der Fasciculus antero-lateralis und das mediale Seitenstrangbündel, insbesondere aber die kleineren im Vorderseitenstranggrundbündel und in den *Burdach-Goll*schen Strängen eingeschlossenen Fasersysteme erweisen sich schon viel weniger deutlich markiert und gehen zum Teile ohne scharfe Grenzen in die nachbarlichen Stränge über. Dazu kommen nicht selten recht beträchtliche individuelle Variationen der Grösse und Form, welche es bedingen dass nicht einmal an einem und demselben Rückenmarke die Stränge der einen Seite bezüglich ihrer Topographie und Dimensionen mit denen der anderen vollständig übereinstimmen. Diese Erkenntnis giebt jedoch noch lange keinen Anlass, das Vorhandensein

selbständiger Fasersysteme überhaupt in Abrede zu stellen oder die Methode zu diskreditieren, wie dies leider von einigen Autoren geschieht, die sowohl über die Methode selbst, als auch über die Anwendung derselben in der Anatomie des Nervensystems nur geringe Erfahrungen besitzen.*)

In der räumlichen Anordnung der spinalen Leitungssysteme ist sowohl bei dem Menschen, als auch bei den höheren Säugetieren insofern eine gewisse Regelmässigkeit nicht zu verkennen, als die kürzeren auf- und absteigenden Bahnen sich in der nächsten Umgebung der grauen Substanz gruppieren, während die längeren Leitungen in den Randbezirken des Markes ihre Lage haben. Dieses Verhalten bringt neuerdings *Flatau* **) durch das Gesetz „von der Excentricität der langen Rückenmarksbahnen" zum Ausdruck.

Die Frage nach der physiologischen Bedeutung der einzelnen Stränge des Markes liegt ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit. Auch sind die bisher von der Physiologie gewonnenen Thatsachen bei weitem nicht als endgiltig anzusehen. Dennoch möchte ich im Interesse eines besseren Verständnisses der hier bereits mitgeteilten und im folgenden bezüglich der übrigen Teile des Nervensystemes noch mitzuteilenden Einzelthatsachen es nicht unterlassen, die vorhandenen Angaben über die physiologische Rolle der Rückenmarksbahnen in Kürze zu resumieren.

Was die Rückenmarkswurzeln betrifft, so darf als feststehend der Satz gelten, dass die hinteren zur Fortleitung der Sensibilität dienen, die vorderen den Muskeln motorische und trophische Impulse zuführen. Die Bahnen der vasomotorischen Erregungen gehen teils durch die vorderen, teils durch die hinteren Wurzeln. Neuere Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass jede einzelne vordere Wurzel nicht sowohl eine anatomische, als vielmehr eine physiologische Fasergruppe darstellt. Reizung einer Vorderwurzel löst bei Affen ganz bestimmte koordinierte Bewegungen aus (*Ferrier* und *Jeo*). So erzeugt Reizung des I. Brustnerven eine Bewegung der Extremität wie beim Pflücken einer Frucht, nach Reizung des VI. Halsnerven wird der Arm dem Munde genähert; nach Reizung des VII. Halsnerven macht das Versuchstier den Anschein, als würde es seinen Körper mit der Hand aufrichten wollen; auf Reizung des VIII. Halsnerven erfolgt Kratzen der Gesässgegend. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich aus pathologischen Beobachtungen für den Menschen. Nichtsdestoweniger

---

*) Vgl. *Karusin*, Über die Fasersysteme des Rückenmarkes auf Grundlage ihrer Entwickelungsgeschichte. Inaug.-Dissert. Moskau 1894. (Orig.)

**) Sitzungsberichte der Königl. Preussischen Akademie d. Wiss. zu Berlin. 1897, XVI.

wird ein und der nämliche Muskel nicht selten von mehreren Wurzeln aus innerviert.

Von den Fasersträngen des Markes sind in physiologischer Beziehung am eingehendsten die Pyramidenbahnen studiert worden und stützen sich unsere Kenntnisse von den Functionen derselben auf zahlreiche Experimente und pathologische Beobachtungen im Bereiche des Grosshirns, in der Gegend des Durchtrittes der Bahn durch die innere Kapsel und ihres Ursprunges in den Centralwindungen. Es besteht kein Zweifel, dass ihr motorische Funktionen zukommen, indem sie im tierischen Organismus bei der Ausführung beabsichtigter oder erlernter Bewegungen der Gliedmassen beteiligt ist, welche wie die Beobachtung lehrt, mit den psychischen Willensimpulsen innig verknüpft sind und nur in gewissen Fällen unabhängig vom Willen vor sich gehen.

Es unterliegt aber auch keinem Zweifel, dass nicht die Pyramidenbahn allein die Leitung der gesamten Motilität übernimmt. Dies erhellt vor allem aus der Thatsache, dass nach vollständiger Entfernung der motorischen Rindenzone und desgleichen nach Durchschneidung der Pyramiden die Versuchstiere der Fähigkeit der Lokomotion nicht endgiltig verlustig werden, sondern die durch den Eingriff gesetzten Bewegungsstörungen mit der Zeit wieder zum Ausgleich zu bringen vermögen; sodann aus der weiteren Thatsache, dass Durchschneidung des vorderen Teiles des Rückenmarkes zu Parese der Motilität führt; endlich aus der Möglichkeit, durch elektrische Reizung die motorische Erregbarkeit der Vorder- und des vorderen Teils der Seitenstränge, d. h. also der Grundbündel in dem peripheren Rückenmarksstumpf zu demonstrieren. Wenn das letztgenannte Moment von einigen Autoren auch bezweifelt wird, so glaube ich durch meine Versuche an neugeborenen Hunden dargethan zu haben, dass die fraglichen Stränge nicht allein motorisch erregbar sind, sondern dass es sich hier um eine durchaus selbständige und nicht, wie wohl behauptet wird, um eine durch Beteiligung der vorderen Wurzeln vorgetäuschte oder durch Mitreizung der Hinterstränge fortgeleitete Erregbarkeit handelt.*)

Das Experiment am neugeborenen Tier ist hier ganz besonders ausschlaggebend, indem nach meinen Beobachtungen sämtliche Teile des centralen Nervensystems, welche beim erwachsenen Tier erregbar erscheinen, beim neugeborenen keine differenzierten Bewegungen erzielen lassen, solange ihre Fasern der Markscheiden entbehren. Geht man von dieser Thatsache aus, so vermag man beim neugeborenen Tier über die Erregbarkeit einzelner Stränge sowohl im Marke, als auch im übrigen Centralnervensystem Aufschluss zu erlangen, was bei er-

*) *Bechterew*, Untersuchungen über die Erregbarkeit der Rückenmarksstränge bei neugeborenen Hunden. Wratsch 1887 No. 22 (Orig.) u. Neurol. Centralbl. 1887.

wachsenen Individuen in den meisten Fällen gänzlich unmöglich ist. Da aber weiterhin das successive Auftreten der differenzierten motorischen Erregbarkeit von Nerventeilen bei neugeborenen Tieren mit der Myelinentwickelung in den einzelnen Strängen Hand in Hand geht, so kann die vergleichende Untersuchung beider Erscheinungen sehr wohl zu einem Urteil über die Erregbarkeit dieses oder jenes Fasersystemes hinführen.

Von den übrigen Teilen des Rückenmarkes erweisen sich bei Anwendung des elektrischen Stromes die Hinterstränge motorisch erregbar; hier erklärt sich dies jedoch leicht durch die Anwesenheit hinterer Wurzelfasern, welche infolge reflektorischer Fortleitung des Reizes auf die vorderen Wurzeln bekanntlich stets auf elektrische Ströme reagieren. Die motorische Erregbarkeit der Hinterstränge äussert sich nicht allein bei Reizung des centralen, sondern auch noch bei Reizung des peripheren Rückenmarksabschnittes, eine Erscheinung, welche in vollstem Einklange steht mit der Teilung der Hinterwurzeln in .aufsteigende und absteigende Äste.

Versuche an neugeborenen Hunden lassen ferner erkennen, dass bestimmte Teile der Seitenstränge nicht nur vom peripheren, sondern auch vom centralen Stumpfe aus erregbar sind. Nach Anlegung der Elektroden eines schwachen Induktionsstromes am oberen Stumpfe in der hinteren Peripherie des Seitenstranges oder auch an dem Aussenrande des letzteren tritt bei neugeborenen Hunden eine charakteristische Bewegung des Kopfes und Rumpfes auf: dieser dreht sich leicht um seine Achse und gleichzeitig neigt sich jener in der Richtung zu der correspondierenden Schulter. Nach der Lage der gereizten Gegend zu urteilen muss es sich in diesem Falle um die Kleinhirnseitenstrangbahn handeln, welche beim Hunde schon zur Zeit der Geburt markhaltig erscheint.

Bei 2—4 Tage alten Hunden endlich beginnt der vordere Teil des Seitenstranges von dem centralen Stumpfe aus auf Reize zu reagieren, indem eigenartige Bewegungen sowohl im Rumpfe, als auch in den vorderen Gliedmassen erfolgen. Dies scheint zu beweisen dass im vorderen Abschnitt des Seitenstranges eine centripetale Leitungseinrichtung vorherrscht. Die betreffenden Fasern gehören vor allem dem Fasciculus anterolateralis an, doch verlaufen hier zweifellos noch andere centripetale Bahnen.

Ein anderer Weg zur funktionellen Prüfung der weissen Rückenmarksstränge ist der der Querschnittstrennung. Vor allem lehrt der allbekannte *Brown-Séquard*sche Versuch mit halbseitiger Durchtrennung des Markes, dass die Bahnen für Motilität und Muskelgefühl in der gleichseitigen Rückenmarkhälfte verlaufen, also nicht im Rückenmarke selbst, sondern höher oben bezw. in der Medulla oblongata zur Kreu-

zung gelangen, während die Leitungen der Hautsensibilität bereits im Rückenmarke, wenn auch nicht komplet, sich kreuzen. Es darf gegenwärtig ferner als feststehend gelten, dass Durchtrennung der gesamten Hinterstränge mit Einschluss des grössten Teiles der grauen Substanz und der Vorderstränge bei Tieren keine Erscheinungen von Analgesie zur Folge hat; es müssen demnach die Bahnen für das Schmerzgefühl in den Seitensträngen verlaufen, was auch durch direkte Durchschneidung der letzteren bestätigt wird (*Woroschiloff* u. A.).

Mit Rücksicht auf die Frage, in welchen Teilen der Seitenstränge die Bahnen der Tast- und Schmerzempfindlichkeit hindurch gehen, ist *Holzinger* durch Untersuchungen in meinem Laboratorium zu dem Resultat gekommen, dass es sich hierbei mehr um die mittleren Seitenstranggebiete zu handeln scheint. Die speziellen Versuche haben gezeigt, dass solche Bahnen in der Grenzschicht der grauen Substanz am Orte des medialen Bündels gänzlich fehlen; mehr als zweifelhaft ist ferner ihr Vorkommen in den anterolateralen Strängen; jedenfalls darf der im Seitenstrange liegende Abschnitt der letzteren durchschnitten werden, ohne dass die Versuchstiere Erscheinungen von Analgesie darbieten würden. Es erübrigt die Annahme, dass die in Frage stehenden sensiblen Bahnen nach geschehener Kreuzung in der ventralen Kommissur in den Grundbündeln des Markes emporsteigen.

Die Leitung der übrigen Qualitäten der Sensibilität, wie des Muskelgefühles, wird allem Anscheine nach von den Hintersträngen besorgt; und zwar gehen die Bahnen des Muskelgefühles höchstwahrscheinlich durch die *Burdach*schen Stränge, doch bedarf dieser Satz noch der genaueren Begründung.

Von der Kleinhirnseitenstrangbahn habe ich in Gemässheit von Durchschneidungsversuchen im Halsteile neugeborener Hunde Grund zu der Annahme, dass die centripetale Leitung derselben mit der Erhaltung des Körpergleichgewichtes innig zusammenhängt, indem der genannte Eingriff bei den Versuchstieren in der Regel eigentümliche Reitbahn- und Drehbewegungen zur Folge hat. Auch Versuche mit direkter Reizung dieser Bahn haben mir Resultate ergeben, welche in dem nämlichen Sinne zu deuten sind. Der Fasciculus antero-lateralis, welcher mit dem Kleinhirn in leitender Verbindung steht, scheint ebenfalls für die Wahrung des Gleichgewichts von einer gewissen Bedeutung zu sein.

Ferner darf man das intermediäre Bündel und das vordere Randbündel, zum Teile auch die Fasern des Vorderstranges, wie oben erwähnt, als centrifugale Kleinhirnbahnen ansprechen, welche durch Vermittelung von Vorderhornzellen den vorderen Wurzeln motorische Impulse zugehen lassen.

Es ist ausserordentlich wahrscheinlich, dass auch der Olivenstrang,

sofern er mit den unteren Oliven in Beziehung steht, Bahnen des Körpergleichgewichtes führt, da ja die unteren Oliven durch meine Versuche als Organe des Gleichgewichtes erkannt worden sind.

Der Richtung der Degenerationen zufolge kennzeichnen sich endlich als centrifugale vom Mittelhirn und Zwischenhirn (Thalamus) zum Rückenmarke herabsteigende Bahnen, die spinalen Fasersysteme aus der *Meynert*schen und *Forel*schen Kreuzung.

---

# Litteratur

## über Untersuchungsmethoden und Rückenmark.

*Auerbach.* Virchows Archiv 1891, Bd. CXXIV, S. 149. — *Derselbe.* Anatomischer Anzeiger VI, 1890. — *Barbacci.* Centralblatt f. allg. Pathol. u. pathol. Anatomie 1891 Nr. 9. — *Barth,* Inaug.-Dissertation, Leipzig 1869. — *Basilewski,* Inaug.-Dissertation, S.-Petersburg 1896. — *Bechterew,* Über ein besonderes mediales Bündel im Seitenstrange des Rückenmarkes. Obosrenye psichiatrii 1897 (russisch), Neurol. Centralbl. 1897. — *Derselbe.* Newrologitscheski Wjestnik 1895, Bd. III, Heft 3 (russisch). Neurol. Centralblatt 1895. — *Derselbe.* Medizinskoje Obosrenye 1890, Nr. 13—14 (russisch). — Neurol. Centralbl. 1890. — *Derselbe,* Über den Zusammenhang der sogen. peripheren Organe des Gleichgewichts mit dem Kleinhirn. Versuche mit Durchschneidung der Kleinhirnschenkel. Pflügers Archiv, Bd. XXXIV. — *Derselbe,* Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes. Neurol. Centralbl. 1884. — Medizinskoje Obosrenye 1887, Bd. XVII (russisch). — *Derselbe,* Die hinteren Wurzeln, ihre Endigung in der grauen Substanz des Rückenmarkes und ihr centraler Verlauf. Archiv f. Anatomie u. Physiologie. Anatom. Abt. 1887. — *Derselbe,* Über die relative Entwickelung und die Lagerungsverhältnisse der Pyramidenstränge beim Menschen und in der Tierreihe nebst Bemerkungen über frühzeitig sich entwickelnde Fasern derselben. Neurolog. Centralbl. 1890, Nr. 24 und 1891, S. 107. — *Derselbe,* Über den Olivenstrang des Halsmarkes. Neurolog. Centralbl. 1894, Nr. 12. — *Derselbe,* Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes auf Grund der Untersuchung ihrer Entwickelung. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 2. — *Derselbe,* Über den Faserverlauf in der grauen Substanz des Rückenmarkes. Verhandlungen der Psychiatrischen Gesellschaft in St. Petersburg 1885 (russisch). — *Derselbe,* Über einen besonderen Bestandteil der Seitenstränge des Rückenmarkes nebst Bemerkungen über den Ursprung der grossen aufsteigenden Trigeminuswurzel. Archiv f. Anatomie und Physiologie. Anat. Abt. 1886. — *Derselbe,* Über die Bestandteile der sogen. Seitenstrangreste des Rückenmarkes. Wratsch 1885, Nr. 29 (russisch). — *Derselbe* und *Rosenbach, P. J.,* Zur Physiologie der Intervertebralganglien. Über Veränderungen des Rückenmarkes nach Durchschneidung von Nervenwurzeln. Neurolog. Centralbl. 1884. — *Derselbe,* Über ein besonderes Bündel im Seitenstrange des Rückenmarkes. Neurol. Centralbl. 1885 und Wratsch (russisch) 1885. — *Derselbe,* Über die Längsfaserzüge der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis. Neurol. Centralbl. 1885. — *Berdez.* Revue médicale de la Suisse rom. 1892. — *Bianchi* und *d'Abundo,* Die ins Gehirn und Rückenmark herabsteigenden experimentellen Degenerationen etc. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 17. — *Biedl.* Neurologisches Centralblatt 1895, Nr. 10—11. — *Blum,* Inaug.-Dissert., Strassburg 1895. — *Boettiger,* Inaug.-Dissert. 1889. Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. XXII, 1889. — *Bräutigam,* Ver-

gleichende Untersuchungen über den Conus medullaris (aus dem Institut für Anatomie u. Physiologie des Centralnervensystems in Wien) 1892. — *Brown-Séquard*, Nouvelles recherches sur le trajet des diverses éspèces de conducteur d'impressions sensitives dans la moelle épinière. Archives de physiol. 1868. — *Derselbe*, Vorlesungen über Physiologie und Pathologie des Centralnervensystems, gehalten im Royal College of surgeons of England. — *Bruce*, *A.*, Illustrations of the Méd. and Hind. brain. Edinburgh and London, 1892. — *Bruce* and *Nuire*. Brain 1896. — *Bruns*. Archiv f. Psychiatrie 1893, Bd. XXV, Heft 3. — *Charcot*, Leçons sur les maladies du système nerveux, 1874. — *Charpy*, Traité d'anatomie humaine. Système nerveux 1894. — *Ciaglinski*. Gazeta lekarska 1896, Nr. 10 (polnisch). — *Darkschewitsch*. Wratschebnyja sapisski 1895, Nr. 5 (russisch). — *Daxenberger*. Deutsche Zeitschrift f. Nervenh. 1893, Nr. 4. — *Dees*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Nervus accessorius Willisii. Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. XLIII, 4, 1887. — *Deiters*, *O.*, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark, Braunschweig 1865. — *Déjérine*, Anatomie des centres nerveux. Paris 1895. — *Derselbe* und *Sottas*. Neurologisches Centralblatt 1895, Nr. 8. — *Dufour*. Archives de neurologie 1896, Nr. 8. — *Edinger*, Über die Fortsetzungen der hinteren Rückenmarkswurzeln zum Gehirn. Anatomischer Anzeiger 1889. — *Derselbe*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896. — *Derselbe*, Einiges über den Verlauf der Gefühlsbahnen. Deutsche mediz. Wochenschr. 1890. — *Erlitzki*, *A. F.*, Über Veränderungen des Rückenmarkes bei amputirten Hunden. Inaug.-Dissert. Petersburg 1879. — *Fajerstain*. Neurologisches Centralblatt 1895, Nr. 8. — *Flatau*, Atlas des menschlichen Gehirns. Berlin 1894. — *Flechsig*, *P.*, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen dargestellt. 20 Tafeln. Leipzig 1876. — *Derselbe*. Neurolog. Centralbl. 1890, Nr. 9. — *Derselbe*, Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig, 1883. — *Derselbe*, Über Systemerkrankungen im Rückenmark. Archiv d. Heilk., 1877, Bd. XVIII, 1878, Bd. XIX. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der Hinterstränge mit dem Gehirn. Neurol. Centralbl. 1885. — *Derselbe* und *Hösel*, Die Centralwindungen ein Centralorgan der Hinterstränge. Neurol. Centralbl. 1890. — *Foll*, Beitrag zur feineren Anatomie des Rückenmarkes. Zürich 1860. — *Francotte*, De la dégénerescence du faisceau de Gowers. Bull. de l'Acad. Belg. 1889. — *Freud*. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 4. — *Derselbe*. Centralbl. f. mediz. Wissenschaft. 1884. — *Derselbe*, Über den Ursprung der hinteren Nervenwurzeln im Rückenmark von Ammocoetes. Wiener Sitzungsberichte 1877. — *Friedländer* und *Krause*, Fortschritte der Medizin 1886. — *Fromman*, Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarkes. Jena 1864—1867. — *Fürstner*. Archiv für Psychiatrie Bd. XXVI, Heft 3. — *Gad*, Einiges über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches. Würzburg 1884. — *Gaskell*. Journ. of Physiol. VII. 1. 1886. — *Gehuchten*, *van*, Le système nerveux de l'homme 1893. — *Derselbe*, Le faisceau longit. post. Bruxelles 1895. — *Gerlach*, Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. II, S. 665 — 693, 1872. — *Golgi*, Archives italiennes de Biologie 1894. — *Goll*, Beiträge zur feineren Anatomie des Rückenmarkes. Zürich 1862. — *Gombault*. Bull. de la Société anatomique, 1891. — *Gombault* et *Philippe*. Revue des sciences médicales 1894, Nr. 87. Semaine médicale 1895. Arch. de méd. experim., 1894. — *Gowers*, Handbuch der Nervenkrankheiten, 1892, Bd. I. — *Derselbe*, Bemerkungen über die antero-laterale aufsteigende Degeneration im Rückenmark. Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 5. — *Derselbe*, Dignos of dis. of the spin. cord. 1879. — *Grabower*, Über die Kerne und Wurzeln des N. accessorius und N. vagus und deren gegenseitige Beziehungen. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol., Bd. II, Berlin 1894. Neurolog. Centralbl. 1895, Nr. 3. — *Grünbaum*. Journal of Physiologie, XVI., Nr. 5—6. — *Guarneri* und

*Bignami*, J centri nervosi in un amputato. Boll. delle R. Accad. med. di Roma 1888. — *Gudden*, Experimentelle Untersuchungen über das peripherische und centrale Nervensystem. Arch. f. Psychiatrie 1870, Bd. II. — *Haas*, Inaug.-Dissert., Würzburg 1891. — *Hadden* and *Sherrington*. Brain, Vol. VIII. — *Held*, Über die Beziehungen der Vorderseitenstränge. Abh. der Königl. Sächs. Ges. der Wiss. 1892. — *Helweg*, Studien über das centrale Nervensystem. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, 1869—1870. — *Derselbe*. Archiv f. Psychiatrie, Bd. XIX, Heft 1. — *Henle*, Handbuch der Anatomie des Menschen. Nervenlehre 1879. — *Herzen* und *Löwenthal*. Archives de Physiologie normale et pathologique 1886, Bd. VII, S. 260. — *Hoche*. Neurologisches Centralblatt, 1896, Nr. 4. Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXVIII, Nr. 2. — *Hofrichter*, Inaug.-Dissert., Jena 1883. — *Homén*, Über sekundäre Degeneration im verlängerten Mark und im Rückenmark. Virchows Archiv, Bd. 88. — *Kahler*. Zeitschrift für Heilkunde, 1882, Bd. III, Heft 3—4. — *Derselbe* und *Pick*. Archiv f. Psychiatrie 1880, Bd. X, Heft 2, S. 297. — *Kam*, Zur Kenntnis der sekundären Veränderungen im Hirnstamm. Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXVII, Heft 3. — *v. Kölliker*. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, 1890. — *Derselbe*, Handbuch der Gewebelehre, Leipzig 1896. — *Derselbe*. Sitzungsberichte der Würzburger physico-medicinischen Gesellschaft, 1890. — *Derselbe*. Kritik der Hypothesen von Rabl-Rückhard und Duval über amöboide Bewegungen der Neurodendren. — *Derselbe*, Über die feinere Anatomie und die physiologische Bedeutung des sympathischen Nervensystems. Vortrag in der allgem. Sitzung der 66. Vers. Deutscher Naturf. u. Aerzte in Wien 1894. — *Derselbe*, Über den feineren Bau des Rückenmarkes. Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1890, Bd. 41. — *Köppen*, Über das hintere Längsbündel. Bericht der Naturforscherversammlung. Heidelberg 1889. — *Krauss*. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. IV. — *Lawdowski*, Vom Aufbaue des Rückenmarkes. Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. XXXVIII. — *Lehmann*, Versuch einer Lokalisation des Kernursprunges der den M. quadriceps innervierenden Nerven. Würzburger Dissertation. — *v. Lenhossék*, Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. II. Aufl. Berlin 1895. — *Derselbe*, Arch. für mikroskop. Anatomie, Bd. XXXIII. — *Derselbe*, Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane. Wiesbaden 1894. — *Derselbe*, Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. XXXIV. — *Leonova*, *O.*, Über das Verhalten der Neuroblasten des Occipitallappens bei Anophthalmie und Bulbusatrophie und ihre Beziehungen zum Sehakt. Archiv f. Anatomie und Physiol. 1893, S. 308. — *Linke*. Centralblatt für Nervenheilkunde, November 1895. — *Lissauer*, Beiträge zum Faserverlauf etc. Anatomischer Anzeiger 1889. — *Derselbe*, Beitrag zum Faserverlauf im Hinterhorn des menschlichen Rückenmarkes. Archiv f. Psychiatrie, Bd. XVII, Heft 2, 1886. — *Löwenthal*, Neuer experimentell-anatomischer Beitrag zur Kenntnis einiger Bahnen im Rückenmark und Gehirn. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol., 1893, Bd. X, Heft 5—7. — *Derselbe*, Inaug.-Dissert., Genève 1885. — *Derselbe*. Pflügers Archiv, Bd. XXXI. — *Derselbe*, Dégénerations secondaires ascendantes dans la Bulbe rachidienne, dans le pont et dans l'étage supérieure de l'isthme. Revue méd. de la Suisse rom. 1895. — *Derselbe*. Revue méd. de la Suisse Rom. VI, 1886, S. 529. — *Derselbe*, Note relative à l'atrophie unilaterale de la colonne de Clarke etc. Revue méd. de la Suisse Rom. 1886. — *Derselbe*, Centr. expér. à l'étude des atrophies etc. Revue Zool. Suisse 1886. — *Luys*, *J.*, Recherches sur le système nerveux cerebrospinale, Paris 1865. — *Marchi*, Rivista sperim. 1886, 1887, 1888; 1891, Bd. V, Heft 17. — *Marchi* et *Algeri*. Rivista sperim. di fren. 1885, Bd. XI. — *Margulies*. Neurologisches Centralblatt 1896, Nr. 8. — *Marie*, Leçons, sur les maladies de la moelle. Paris 1892, S. 63. — *Derselbe*, De l'origine exogène ou endogène des lésions etc. Semaine médicale 1894. — *Mayer*, Zur pathologischen Anatomie der Rückenmarkshinterstränge.

Jahrb. f. Psychiatrie 1894. — *Mayser*, *P.*, Experimenteller Beitrag zur Kenntnis des Baues des Kaninchenrückenmarkes. Archiv f. Psychiatrie, Bd. VII. — *Meynert*, *Th.*, Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben, Bd. XI. — *Derselbe*, Skizze des menschlichen Grosshirnstammes nach seiner Aussenform und seinem innern Bau. Archiv f. Psychiatrie, Bd. IV, 1884. — Beiträge zur Kenntnis der centralen Projection der Sinnesoberflächen. Sitzb. der Wiener Akademie, Bd. 59, Abt. II, 1869. — *Monakow*. Berliner Gesellschaft f. Psychiatrie. Neurol. Centralbl. 1885. — *Mott*, The bipolar celle of the spinal cord. Brain, Bd. XIII. — *Derselbe*, Ascend. degeneration etc. Brain 1892. — *Derselbe*. Brain 1891. — *Müller*, Beiträge zur Pathologie des Rückenmarkes. Leipzig 1871. — *Muratoff*, Sekundäre Degenerationen nach Zerstörung der motorischen Sphäre des Gehirns. Archiv f. Anat. 1893, S. 97 ff. — *Nageotte*. Revue neurologique 1895, Nr. 12—14. — *Oddi* et *Rossi*. Archives italiennes de Biologie, XIII, 1890. — *Dieselben*, Archives ital. de biologie 1891. — *Pal*. Neurologisches Centralblatt 1892, Nr. 6, S. 192. — *Paladino*. Annali di Nevrologia XIII, 1895. Archives italiennes de Biologie XII. — *Patrik*. Archiv für Psychiatrie 1893, Bd. XXV, Heft 3, S. 831. — *Derselbe*. Journal of nervous and mental disease, Febr. 1896. — *Pelizzi*. Archives italiennes de Biologie XXIV. Riv. sperim. di freniatria, Bd. V, Heft 21, 1895. — *Pick*, Zur Histologie der *Clarke*schen Säulen. Medicin. Centralblatt 1878. — *Pineles*, Arbeiten aus dem Institut für Anatomie u. Physiologie des Centralnervensystems, herausgegeben von *Obersteiner*. — *Pusateri*, Sulla fina anatomia di puente di Varolio nell' uomo. Riv. di patol. nerv. et. menst.. Vol. 1. Fasc. I. — *Ramón y Cajal*, L'anatomie fine de la moelle épinière. — *Derselbe*, Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertèbres. Paris 1894. — *Derselbe*, Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems. Archiv f. Anatomie 1893, S. 319 ff. — *Derselbe*. Anatomischer Anzeiger 1889, Nr. 3. — *Rauber*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Nervenlehre und Sinnesorgane. 4. Aufl. Leipzig 1894. — *Redlich*, Die hinteren Wurzeln des Rückenmarkes. Arbeiten aus d. Institut f. Anatomie u. Physiologie des Centralnervensystems. I. Wien 1892. — *Rossolymo*, Inaug.-Dissert., Moskau. — *Derselbe*, Zur Frage über den weiteren Verlauf der Hinterwurzelfasern im Rückenmarke. Neurologisches Centralblatt 1886. — *Derselbe*, Zur Physiologie der Schleife. Arch. f. Pyychiatrie, Bd. XXI. — *Schaffer*, *K.*, Über die zeitliche Reihenfolge der sekundären Degeneration in den einzelnen Rückenmarkssträngen. Neurolog. Centralbl. 1895, Nr. 9. — *Schieffer-decker*, Beiträge zur Kenntnis des Faserverlaufes im Rückenmark. Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. X, 1884. — *Derselbe*, Über Regeneration, Degeneration und Architektur des Rückenmarkes. Virchows Archiv, Bd. 67, 1876. — *Schiff*, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I, 1858—1859. — *Derselbe*, Über die Erregbarkeit des Rückenmarkes. Pflügers Archiv, Bd. XXX. — *Schlesinger*, Über das wahre Neuron des Rückenmarkes. Arbeiten aus dem Institut f. Anatomie und Physiologie des Centralnervensystems. Bd. III. Wien 1895. — *Derselbe*, Syringomyelie. Wien 1895. — *Schmaus*. Virchows Archiv CXXII, 1890. — *Schultze*. Berliner klin. Wochenschrift 1882. Archiv f. Psychiatrie XIV, Heft 3, 1883. — *Derselbe*, Beitrag zur Lehre von der sekundären Degeneration im Rückenmark des Menschen. Archiv f. Psychiatrie, Bd. XIV, Heft 2. — *Schwalbe*. Hoffmanns Handbuch der Anatomie. Lehrbuch der Neurologie. Erlangen 1881. — *Sherrington*, On second and tert. degeneration. Journ. of phys. XIII, XIV. — *Derselbe*, Note on two newly described tracts in the spinal cord. Brain, 1887. — *Derselbe*. Journal of Physiology. Bd. V, Heft 14, Nr. 4—5, 1893. — *Siemerling*, Anatomische Untersuchungen über die menschlichen Rückenmarkswurzeln. 1882. — *Singer*, Über sekundäre Degeneration. Berichte der Wiener Akademie. 1881. — *Singer* und *Münzer*. Denkschrift der Wiener Akademie. 1890. — *Sottas*. Revue

de Méd. 1893. Bd. XII, Nr. 4. — *Souques.* Bull. de la Société de Biologie. 1895, Mai. — *Souques* et *Marinesco.* Comptes rend. soc. de Biologie. 1894. — *Spitzka,* The comparative anatomie of the pyramidal tract. Journ. of compar. med. and surg. 1886. — *Starlinger,* Die Durchschneidung der Pyramiden. Neurolog. Centralbl. 1895. — *Stilling, B.,* Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. Kassel 1857—1859. — *Strümpell,* Lehrbuch der speziellen Pathologie und Therapie. — *Derselbe.* Archiv f. Psychiatrie. Bd. X, Heft 3, S. 676. — *Takács,* Über den Verlauf der hinteren Wurzelfasern im Rückenmark. Neurologisches Centralblatt 1887, Nr. 1, S. 7. — *Tooth.* Second degeneration etc. London 1889. — *Derselbe.* Brain, vol. XV, 1892. — *Derselbe,* On the destination of the anterolateral tract. Brain 1892. — *Türck.* Zeitschrift der Ärzte zu Wien. 1850. Heft 1. — *Derselbe.* Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien 1851, VI, Heft 3, S. 288 und 1853, IX, Heft 1. — *Virchow, H.,* Über Zellen in der Substantia gelatinosa Rolandi. Neurologisches Centralblatt 1887. — *Wagner, J.,* Zur Anatomie des Rückenmarkes. Centralblatt f. Nervenheilkunde. 1886. — *Waldeyer, W.,* Abhandlungen der preuss. Akad. d. Wiss. Berlin 1888. — *Waller.* Sur la reproduction et sur la structure et les fonctions des ganglions spinaux. Müllers Archiv 1852, S. 392. — *Weigert,* Fortschr. d. Medizin. 1884—1885. — *Westphal,* Anatomische Befunde bei einseitigem Kniephänomen. Archiv f. Psychiatrie. Bd. XVIII. — *Derselbe.* Archiv für Psychiatrie 1870, Bd. II, S. 374 und 415; Bd. X, Heft 3, S. 788; Bd. XXIV, S. 838. Virchows Archiv, Bd. IIL. — *Wille.* Archiv für Psychiatrie, Bd. XXVII. — *Woroschiloff,* Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. Berichte der Math.-Phys. Klasse der k. Gesellschaft d. Wiss. zu Leipzig 1874. — *Worotynski,* Beiträge zur Lehre von den sekundären Degenerationen im Rückenmarke. Inaug.-Dissert., Kasan 1897 (russisch).

# III. Abschnitt.

## Von den Leitungsbahnen des Gehirnstammes.

Die graue Substanz des Gehirnstammes erscheint im allgemeinen in Form mehr oder minder scharf abgegrenzter Anhäufungen oder Inseln, zwischen welchen weisse Fasermassen nach allen Richtungen des Raumes unter mannigfachen Kreuzungen und Durchflechtungen der Elemente sich hinziehen und hierdurch den in Rede stehenden Teilen einen im Vergleich zum übrigen Gehirn ungemein komplizierten Bau verleihen.

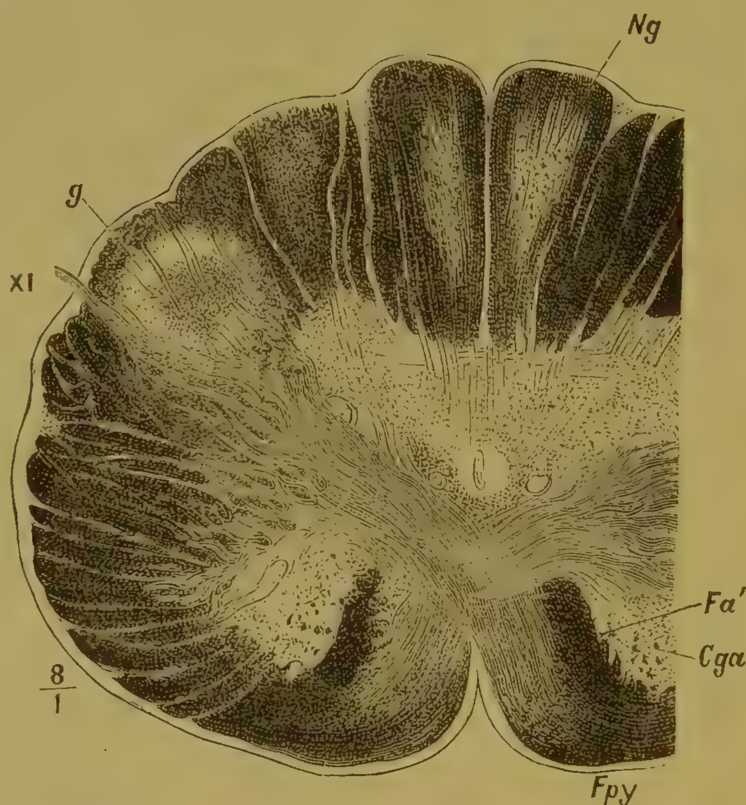



Fig. 79.

Durchschnitt in der Höhe der Pyramidenkreuzung. *Fpy* Pyramide. *Cga* Vorderhorn. *Fa'* Vorderstranggrundbündel. *Ng* Kern des zarten Stranges. *g* Substantia gelatinosa. XI. Nervus accessorius. Nach *Henle*.

Ich beschreibe zunächst die Anordnung der grauen Substanz bezw. der einzelnen grauen Kerne und knüpfe hieran eine Darstellung ihrer gegenseitigen Verbindungen und sonstigen Beziehungen.

Während ihres Ueberganges in die Medulla oblongata erfahren die grauen Rückenmarkssäulen eine Reihe eigenartiger ihre äussere Form erheblich umgestaltender Veränderungen. Vor allem beginnen die Hinterhörner schon im oberen Halsmark lateralwärts auseinanderzurücken und erscheinen im Zusammenhange mit der hier platzgreifenden Vergrösserung des Markquerschnittes merklich in die Länge

gezogen und in ihren basalen Abschnitten entsprechend verschmälert. Gleichzeitig treten aus ihrer Basis mächtige, nach hinten sich vorwölbende graue Massen heraus. Eine davon, lateral gelegen, hat birnförmigen Querschnitt, während die andere, mediale, Keilform darbietet. Dies sind die Kerne der zarten Stränge (Fig. 79 und 80 *Ng*) und der Keilstränge (Fig. 80 *Nc*). In denselben endigen die Fasern der gleichnamigen Rückenmarksbahnen, indem sie in der Nachbarschaft der hier vorhandenen mittelgrossen Nervenzellen mit ihren Endbäumchen sich verästeln. Beide Kerne (Fig. 79 und 80) überragen aufwärts den Calamus scriptorius um einige Millimeter; unten taucht der Nucl. funiculi gracilis etwas früher auf, wird aber dafür oben von dem Nucl. funiculi cuneati um ein weniges überragt. Bezüglich des elementaren Baues dieser Gebilde lehren *Golgi*sche Präparate, dass die Mehrzahl der Zellen ihre Neuriten in markhaltige Nervenfasern übergehen lässt, welche zu einem grossen Teil die Kerne in ventraler Richtung verlassen und in die hintere Kreuzung eingehen (Fig. 81), während ein anderer Teil dorsal- bezw. dorsolateralwärts zieht. Ausser Zellen und Zellfortsätzen finden sich in diesen Kernen, wie schon erwähnt, feinste pinselförmige Endverästelungen hinterer Wurzelfasern. Der Kern des Keilstranges, welcher den des *Goll*schen Stranges an Grösse erheblich übertrifft, besteht im Grunde aus zwei Teilen, nämlich aus einem medialen und einem lateralen Kern (Fig. 82); beide liegen dicht bei einander, lassen




Fig. 80.

Durchschnitt der Medulla oblongata in der Gegend der untersten Hypoglossuswurzeln. Pyramidenkreuzung nahezu beendet. *Nc* Keilstrangkern (Nucleus funiculi cuneati); *Ng* *Goll*scher Kern (Nucleus funiculi gracilis); *g* aufsteigende Trigeminuswurzel; *XII* Nerv. hypoglossus; *Fa'* Decussatio pyramidum. *Fpy* Pyramis. Nach *Henle.*

aber sowohl strukturell, als auch in ihren Beziehungen zu anderen Hirnteilen gewisse Verschiedenheiten erkennen. Der laterale Kern (Fig. 81 *nfce*, Fig. 82 *nfcl*) enthält vorwiegend grosse Zellen mit langen Nervenfortsätzen, im medialen Kern dagegen finden sich daneben unverhältnismässig häufig *Golgi*sche Zellen mit kurzen, verästelten Neuriten (Fig. 83); ersterer steht ausserdem nicht nur in Beziehungen zu den Hintersträngen, sondern auch zur Formatio reticularis und zum Corpus restiforme (s. unten).

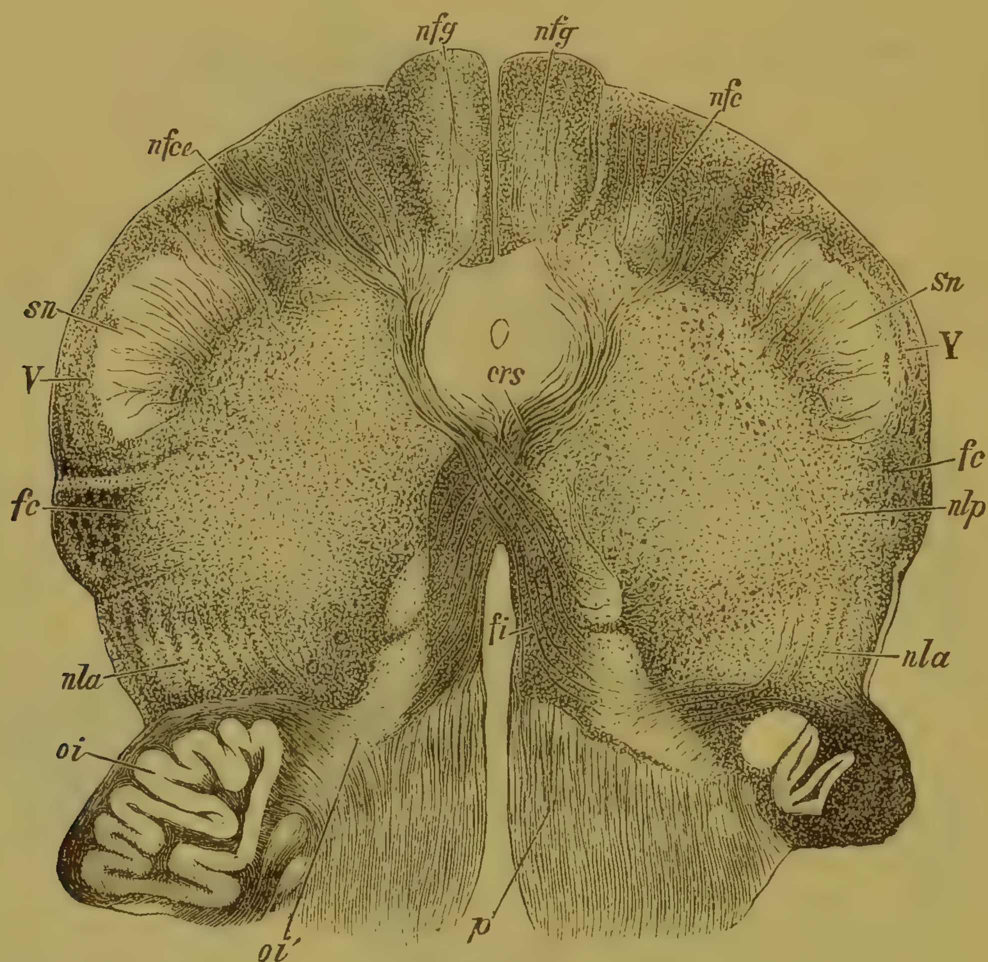



Fig. 81.

**Medulla oblongata in der Höhe der Schleifenkreuzung.** *p* Pyramide. *oi* untere Olive. *oi'* Nebenolive. *nla* vorderer Seitenstrangkern. *nlp* hinterer Seitenstrangkern. *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn. *V* Trigeminus. *Sn* Substantia gelatinosa. *nfce* ein Teil des lateralen Kernes des Keilstranges. *nfg* Kern des zarten Stranges. *nfc* Kern des Keilstranges. *crs* hintere oder obere Kreuzung. *fi* Olivenzwischenschicht. Nach aussen von *crs* und *fi* findet sich die Substantia reticularis grisea.

Noch vor dem Übergange des Rückenmarkes in die Oblongata schiebt sich in den Winkel zwischen Seitenhorn und Basis des Hinterhornes ein Balkenwerk aus grauer Substanz hinein, durch welches weisse Faserzüge hindurchtreten. Dieses Balkenwerk, als Processus reticularis bekannt, bildet im verlängerten Marke die Grundlage des seiner lateralen Fläche benachbarten vorderen und hinteren Seitenstrangkernes (Fig. 81 und 82 *nla*, *nlp*), in welchen mittelst der *Golgi*schen

Methode ziemlich grosse verästelte Nervenzellen nachweisbar sind. In dem vorderen Kern, dessen Nervenfortsätze vorwiegend dem Rande der Oblongata zustreben (Fig. 81), scheint ein Teil der Seitenstranggrundbündel des Rückenmarkes unterbrochen zu werden; ferner soll er zu den Wurzeln des Vagoglossopharyngeus in Beziehung stehen. Dahingegen ist über das Verhalten des hinteren Kernes, welcher etwas oberhalb des vorderen nahe dem Hinterhorne gelegen ist, zu den Strängen des Rückenmarkes noch nichts sicheres ermittelt worden.

Die Übergangsstelle des Rückenmarkes in das verlängerte Mark wird bekanntlich durch die Pyramidenkreuzung gekennzeichnet. Letztere bewirkt eine Abschnürung des Vorderhornes mitsamt dem Seitenhorne von der übrigen grauen Substanz (Fig. 79 und 80). Durch successive Einlagerung zahlreicher Fasern verwandelt sich das Vorderhorn nach und nach in die sogenannte Formatio reticularis der Oblongata, in welcher grosse multipolare stark verästelte Nervenzellen zerstreut liegen, deren Hauptfortsätze nach verschiedenen Richtungen verlaufen und nach den Seiten hin feine Kollateralen abgehen lassen. Solche Zellen häufen sich besonders in den lateralen Abschnitten der Oblongata und geben hier Anlass zur Unterscheidung einer Substantia reticularis grisea im Gegensatze zu den übrigen als Subst. reticularis alba zusammengefassten Teilen (Fig. 81 u. 85).*) Alsbald wird auch die Basis des

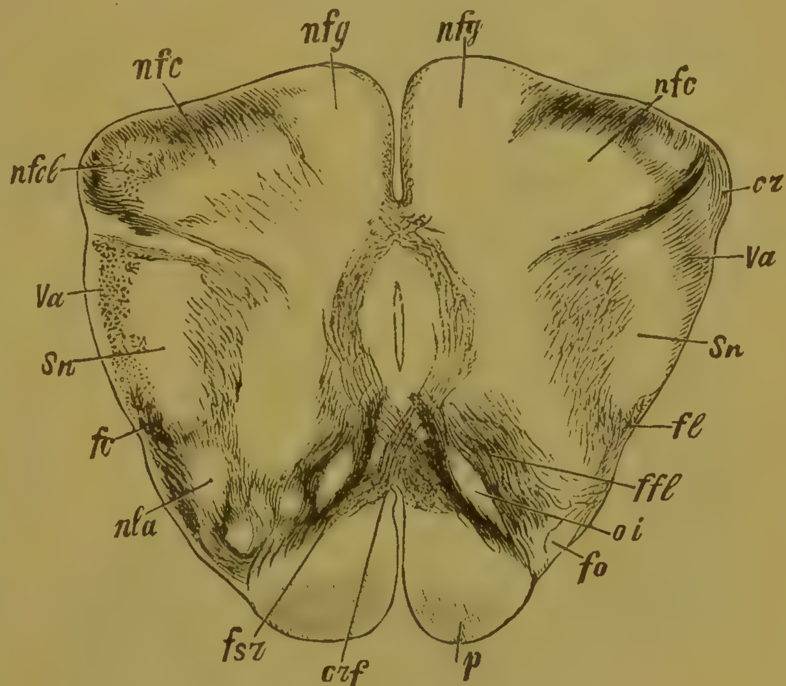



Fig. 82.

Querschnitt durch das verlängerte Mark eines 6—7monatigen menschlichen Foetus in der Nähe des unteren Teiles der grossen Oliven. *nfg* Kern des *Goll*schen Stranges. *nfc* Kern des Keilstranges. *cr* Anfangsteil des Corpus restiforme. *Va* aufsteigende Trigeminuswurzel. *Sn* Substantia gelatinosa. *oi* unterer Teil der Olive. *fo* Olivenstrang. *p* Pyramide. *crf* hintere Kreuzung mit Fasern aus den Keilstrangkernen. *ffl* Fasern aus dem Seitenstranggrundbündel. *fsr* Fasern des Vorderseitenstranggrundbündels. *fl* aberrierendes Bündel. *nla* vorderer Seitenstrangkern. *nfcl* lateraler Keilstrangkern. *fc* Kleinhirnbündel. Färbung nach *Weigert*.

*) v. *Kölliker* bezeichnet die gesamte diffuse graue Substanz der Formatio reticularis als Nucleus magnocellularis diffusus.



Fig. 83.
*Golgi*sche Zelle aus dem lateralen Kern des Funiculus cuneiformis.




Fig. 84.
Nervenzelle aus dem vorderen Seitenstrangkerne. *c* Nervenfortsatz.

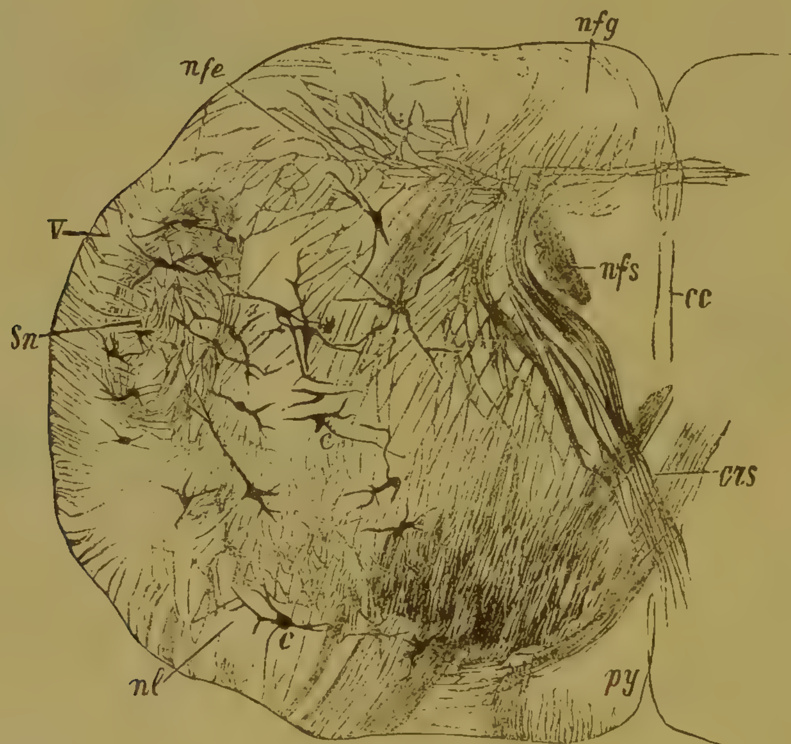



Fig. 85.
Medulla oblongata in der Gegend der oberen Kreuzung. Von einem neugeborenen Kätzchen. *Golgi.* Nach Präparaten von *F. Teljatnik.* *py* Pyramide. *nl* Gegend des Seitenstrangkerns. *sn* Substantia gelatinosa nervi trigemini. *V* Radix ascendens nervi trigemini. *nfc* (in der Figur fälschlich *nfe*) Gegend des *Burdach*schen Kernes. *nfg* Gegend des *Goll*schen Kernes. *nfs* Anfangsteil des Fasciculus solitarius. *crs* obere Kreuzung. *cc* Zentralkanal. — Die Nervenzellen der Formatio reticularis helfen die sog. Substantia reticularis grisea bilden.

Hinterhornes von zahlreichen Fasern durchsetzt, wodurch die Formatio reticularis noch mehr an Umfang gewinnt; die Substantia gelatinosa

des Hinterhornes dagegen löst sich mehr oder weniger vollständig von der übrigen grauen Substanz ab und verläuft aufwärts als selbständiges Gebilde in Begleitung der aufsteigenden Trigeminuswurzel (Fig. 81). An *Golgi*schen Präparaten findet man in der Subst. gelat. trigemini inmitten eines dichten Geflechtes feinster Fäserchen, welches offenbar den Verästelungen der hier eintretenden Fasern der aufsteigenden (bezw. absteigenden) Quintuswurzel seine Entstehung verdankt, Häufchen kleiner und mittelgrosser, länglicher oder spindelförmiger Zellen; sehr viele davon sind von *Golgis* zweitem Typus. Hier und da beherbergt die Subst. gelatinosa ziemlich grosse verästelte Zellen, welche besonders medial von der *Rolando*-schen Substanz recht zahlreich sind (Fig. 86). Die Neuriten dieser Zellen verlaufen vorwiegend in ventraler Richtung und gehen schliesslich in die Formatio reticularis über.*)



Fig. 86.

Substantia gelatinosa nervi trigemini nebst einem angrenzenden Teil der Formatio reticularis. *Golgi.* (Nach Präparaten von *F. Teljatnik*). *sn* Substantia gelatinosa. *nV* Gegend der aufsteigenden Trigeminuswuzel. *c, c, c* Neuriten von Zellen der nachbarlichen Formatio reticularis.

Während sich die sogenannte untere Kreuzung vollzieht und die Pyramiden des verlängerten Markes zusammentreten, erscheinen zu beiden Seiten der letzteren in der Fortsetzung der Vorderhornreste zwei neue Gebilde in Gestalt je einer zusammengefalteten grauen Substanzplatte: die unteren Oliven (Fig. 81, 82, 87 *oi*); dieselben erstrecken sich aufwärts bis zur unteren Brückengegend und bedingen an der Vorderfläche der Oblongata je einen ansehnlichen Vorsprung seitlich von der Pyramide. Die Nervenzellen der Olive erweisen sich an *Golgi*schen Präparaten als verästelte abgerundete Elemente von mittlerer Grösse.

*) *Ramón y Cajal* unterscheidet ferner Cellulae marginales am Aussenrande der Substantia gelatinosa, und Cellulae interstitiales zwischen den tiefen Bündeln der Trigeminuswurzel.

Zwischen ihnen breitet sich neben quer durchtretenden Bogenfasern der Formatio reticularis ein dichtes Geflecht aus, bestehend teils aus Endbäumchen entlegener Systeme, teils aus Nervenfortsätzen und Dendriten von Olivenzellen. Die Neuriten der letzteren begeben sich z. T. medianwärts über die Raphe hinweg auf die andere Seite, z. T. verlaufen sie zunächst ventralwärts und wenden sich sodann nach innen, um in Bogenfasern überzugehen (Fig. 88); nur wenige Olivenzellen ziehen ihre Neuriten lateralwärts. — In unmittelbarer Nach-

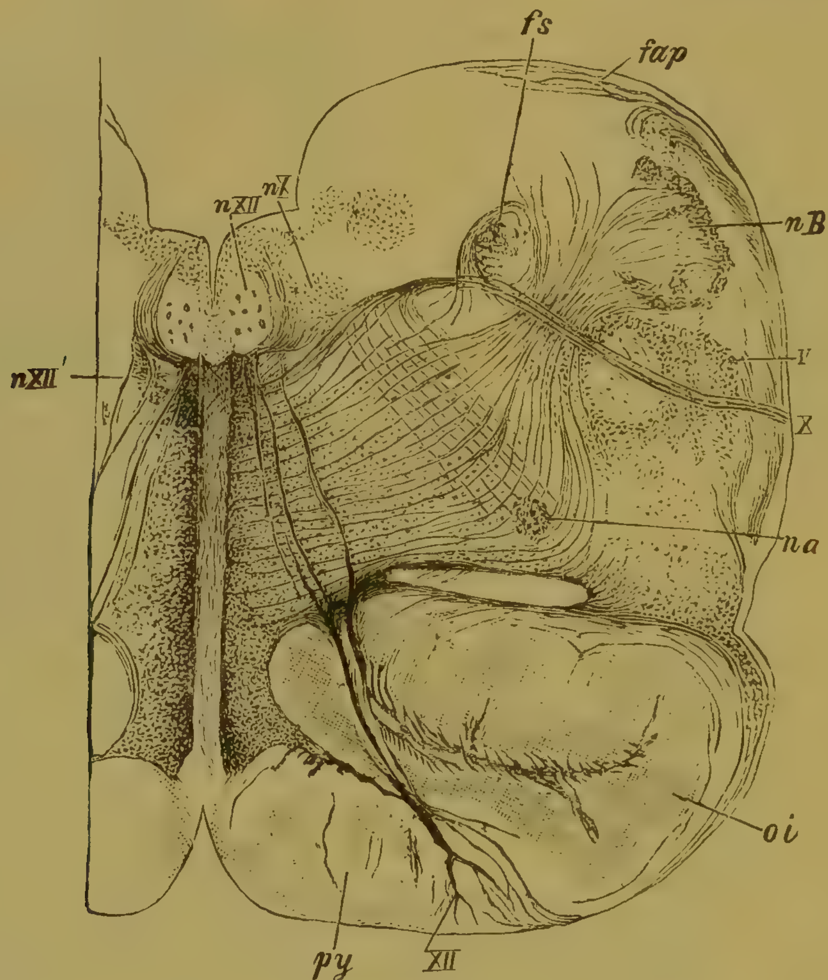



Fig. 87.

**Medulla oblongata eines menschlichen Embryo.** *V, X, XII* Wurzeln der entsprechenden Hirnnerven. *nX* Kern des Nerv. vagus. *nXII* Kern des Hypoglossus. *nXII'* accessorischer Kern des Hypoglossus. *fs* Fasciculus solitarius. *na* Nucleus ambiguus. *oi* untere Olive. *py* Pyramide. *fap* Fibrae arcuatae posteriores. Färbung nach *Weigert.*

barschaft der Oliven und nach hinten-innen davon liegen zwei kleinere Gebilde, die in äusserer Form und Struktur den Oliven sehr nahe stehen und darum Nebenoliven (Fig. 81 *oi'*, Fig. 91 *ois, oii*) heissen. Den üblichen Anschauungen zufolge stimmen die Nebenoliven ihrem Baue nach völlig mit den grossen Oliven überein; es zeigen aber neuere Untersuchungen von *Vincenzi*, dass die Nervenzellen der ersteren etwas anders geartet sind, als die der letz-

teren.*) — Oberhalb und einwärts von der Pyramide findet sich in dieser Gegend ein kleines Häuflein grauer Substanz, welches unter dem Namen Nucleus arciformis s. arcuatus oder Pyramidenkern bekannt ist. Der Kern hat zu den Pyramidenfasern selbst keine näheren Beziehungen, sondern ist nur in die Bahn von hier durchtretenden Bogenfasern eingeschaltet (Fig. 131); seine Zellen sind von mittlerer Grösse und dreieckig oder spindelförmig gestaltet. Proximal läuft der Pyramidenkern in die graue Substanz der Raphe und in die Brückenkerne aus (s. unten).

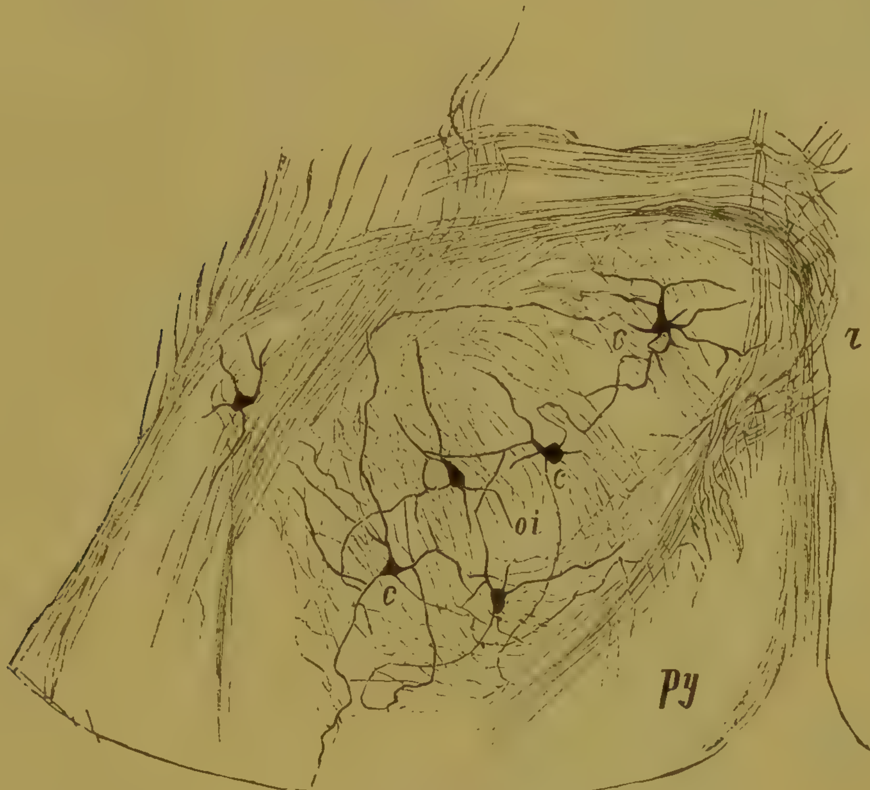



Fig. 88.

**Untere Olive einer neugeborenen Katze.** *Golgi.* Nach einem Präparat von *F. Teljatnik.* *oi* untere Olive. *py* Pyramide. *r* Raphe. *c, c, c* Neuriten von Olivenzellen.

In dem hinteren Abschnitt der Medulla oblongata rücken die beiderseitigen Hinterstrangkerne im Zusammenhange mit der Eröffnung des Centralkanales stetig auseinander, medial von ihnen aber erscheinen in der grauen Scheibe des Bodens der Rautengrube nach und nach die Kerne des Hypoglossus, Vagus und Glossopharyngeus. Der langgezogene Hypoglossuskern ist übrigens bereits vor Eröffnung des Centralkanales, also unterhalb des Calamus scriptorius, nachweisbar, woselbst er mit der grauen Substanz des Centralkanales des Rückenmarkes kontinuierlich zusammenhängt.

---

*) *Vincenzi.* Atti della R. Akademia medica di Roma 1886—1887. Edinger's Bericht in Schmidt's Jahrbücher 1887.

Die Zellen der genannten Nervenkerne sind von wechselnder Grösse, ja es können die einzelnen Teile eines und desselben Kernes, wie dies z. B. bezüglich des Hypoglossuskernes zutrifft, durch verschiedene Grösse ihrer Elemente ausgezeichnet sein.

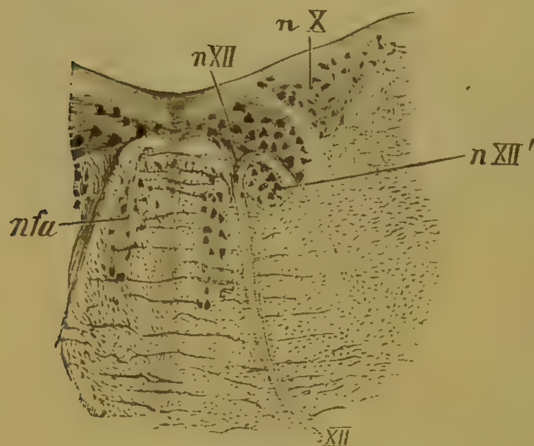



Fig. 89.

Teil eines Querschnitts durch das verlängerte Mark vom Hunde. *XII* Nerv. hypoglossus. *nXII* Kern des Nerv. hypoglossus. *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus. *nfa* Vorderstrangkern. Karminpräparat.

Der Kern des Hypoglossus hat im unteren Teil des Bodens der Rautengrube nahe der Mittellinie seine Lage. Er enthält im allgemeinen ziemlich grosse Nervenzellen, deren Neuraxonen in die Hypoglossuswurzel übergehen; am grössten erscheinen sie, wie ich an Hirnen von Tieren gefunden habe, in dem lateralen Teil des Kernes (Fig. 126). Eigentümlich ist diesen Zellen der Besitz langer, tief in die Formatio reticularis hineindringender Dendriten (Fig. 129). Von ziemlich ansehnlicher Grösse sind auch jene Elemente, welche ventral vom Hauptkern und einwärts von der Wurzel des Hypoglossus den sogenannten accessorischen Kern dieses Nerven zusammensetzen (Fig. 126). Ein anderer Nebenkern, ebenfalls ventral vom Hauptkern, aber lateral von der Wurzel gelegen, besteht im Gegensatze zu jenem aus relativ kleinen Nervenzellen (Fig. 89).



Fig. 90.

Nervenzelle aus der Raphe des verlängerten Markes mit aufwärts gerichtetem Axencylinderfortsatz.

Die dorsolateral sich anschliessenden sogenannten dorsalen Kerne des Vagus und Glossopharyngeus bestehen hauptsächlich aus mittelgrossen und kleinen Elementen (Fig. 89.)

In gleicher Höhe mit den soeben genannten Nervenkernen finden sich im Inneren des verlängerten Markes zwei kleinere Kerngebilde. Das eine, mehr lateral gelegene, enthält ziemlich ansehnliche verästelte Zellen und wird als vorderer Kern des Vago-Glossopharyngeus oder

als Nucleus ambiguus bezeichnet (Fig. 87 *na*); das andere lagert im Boden des IV. Ventrikels über dem Hypoglossuskern und ist als Nucleus funiculi teretis bekannt. Ausserdem ist hier die graue Substanz der Raphe zu nennen; sie erscheint bei Tieren viel ansehnlicher, als im menschlichen Gehirn. Die Nervenzellen des Nucl. funiculi teretis sind zumeist von ungemein geringer Grösse und vorwiegend von spindelähnlicher Gestalt.*) Die Zellen der Raphe gehören durchweg zu den mittelgrossen und kleineren Elementen und sind im Gegensatze zu den grossen Zellen der Formatio reticularis nur wenig verästelt (Fig. 90).

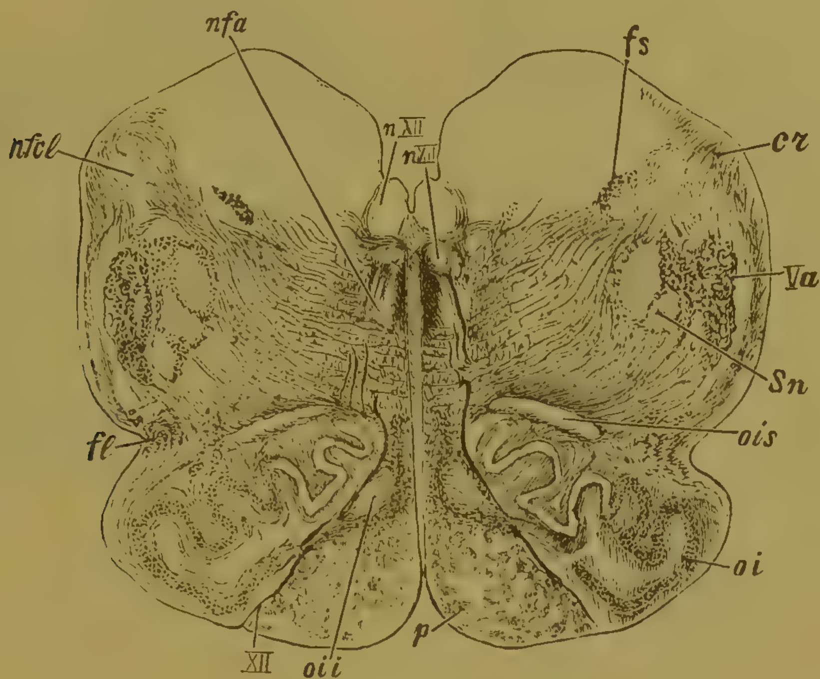



Fig. 91.

Querschnitt durch die Oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven. *fs* Fasciculus solitarius. *cr* Corpus restiforme. *Va* Radix ascendens Trigemini. *sn* Substantia gelatinosa. *ois* Obere Nebenolive. *oi* Untere oder grosse Olive. *p* Pyramide. *oii* mediale Nebenolive. *XII* Wurzel des Hypoglossus. *fl* Aberrierendes Bündel der Oblongata. *nfcl* Lateraler Kern des Keilstranges. *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*. *nXII* Kern des Hopoglossus. *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

Unmittelbar einwärts von der Hypoglossuswurzel liegt in der Formatio reticularis ein Kern, welcher von *Misslawski* als Nucleus respiratorius beschrieben ist und mit Rücksicht auf seine Lage von *Obersteiner* als Nucleus funiculi anterioris (Fig. 89 und 91 *nfa*) bezeichnet wird. Nach *Golgi* behandelte Objekte haben mir gezeigt, dass die zwischen Fasern der Formatio reticularis ziemlich zerstreut liegenden verästelten Zellen desselben von wechselnder Grösse sind

*) Es entspringen in diesem Kern einerseits Fasern, welche nach innen zur Raphe abgehen, andererseits solche, die durch den Vago-glossopharyngeuskern hindurch zu dem Netz des medialen Acusticuskerns gelangen (*Muchin*).

und ihren Nervenfortsatz zumeist nach innen gegen die Raphe hin abgeben (Fig. 92).

Auf Durchschnitten durch die Gegend des oberen Teiles der grossen Oliven erscheinen dorsal von letzteren zu beiden Seiten der Raphe mächtige undeutlich begrenzte graue Massen mit ausserordentlich grossen multipolaren und verästelten Zellen zwischen den zahlreichen hier durchtretenden markhaltigen Nervenfasern. Es sind dies die Nuclei centrales inferiores oder *Roller*schen Kerne (Fig. 93 *nci*). Die Elemente derselben treten schon an Karminpräparaten mit befriedigender

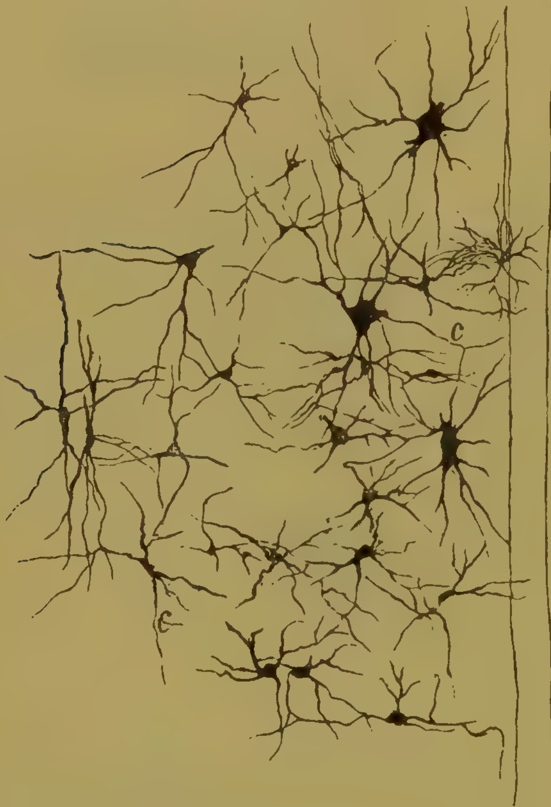



Fig. 92.

**Nucleus funiculi anterioris von dem Gehirn eines neugeborenen Kätzchens. (Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*). *Golgi*.** c, c Nervenfortsätze.

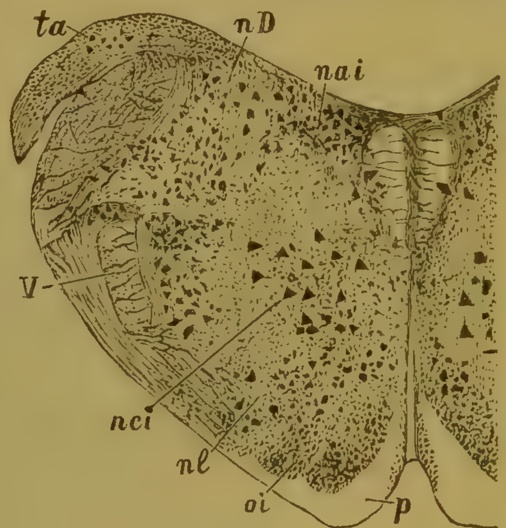



Fig. 93.

Querschnitt des verlängerten Markes vom Hunde. *p* Pyramide. *oi* untere Olive. *nl* Seitenstrangkern. *nci* Nucl. centralis inferior. *V* Radix descendens trigemini. *nD* *Deiters*scher Kern. *nai* medialer Acusticuskern. *ta* Tuberculum acusticum. — Karminpräparat.

Deutlichkeit hervor, überraschend schöne Bilder aber gewähren *Golgi*sche Durchschnitte (Fig. 94). Ihre Neuriten entwickeln in der Regel Kollateralen und sind im allgemeinen von verschiedenem Verlaufe, sei es dass sie durch die Raphe durchtreten oder eine entgegengesetzte Richtung einschlagen, während der Raphe ein oder mehrere Dendriten zustreben (Fig. 95). Im Nucl. centralis inferior verästeln sich aber auch Endbäumchen von Bogenfasern und von Bahnen aus anderen entlegenen Nervengebieten; sie stossen nicht selten schon innerhalb der Raphe auf Dendriten dieses Kernes (Fig. 96).

Einige kleinere graue Kerne sind im Corpus restiforme enthalten. Sie erscheinen im wesentlichen aus mittelgrossen Elementen

aufgebaut und können in Anbetracht ihrer Lage Nuclei corporum restiformium genannt werden.*)

Etwa in derselben Höhe taucht zwischen Olive und Substantia gelatinosa trigemini der Kern des Nervus facialis auf (Fig. 97 *n*VII); er enthält etwas über mittelgrosse Zellen, deren Neuriten in die Facialiswurzel übergehen. Weiterhin erscheint nahe der dorsalen Fläche des verlängerten Markes der aus kleineren Elementen zusammengesetzte sogenannte mediale Kern des Acusticus; unmittelbar nach aussen davon beginnt der grosszellige *Deiters*sche Kern (Fig. 93 und




Fig. 94.

Querschnitt durch den oberen Teil der Oblongata von einem neugeborenen Hunde. (Nach einem Präparate von *Korolkoff*). Zellen des unteren Centralkernes. *Golgi*. *r* Raphe. *f*, *f* Endverästelungen von Fasern im Centralkern. *c*, *c*, *c* Nervenfortsätze von Zellen des nucl. centralis inferior.

97 *nD*) sichtbar zu werden.**) Am äussersten Rande der Oblongata endlich, da wo der Nervus acusticus in die Gehirnmasse eintritt, zeigen die Durchschnitte den vorderen bezw. lateralen Kern des Gehörnervs (Fig. 97 *naa*), und das sogenannte Tuberculum acusticum

*) Diese wenig bekannten Kerne sind neuerdings in meinem Laboratorium durch Herrn stud. med. *Lazurski* eingehender untersucht worden.

**) In dem absteigenden Teil des *Deiters*schen Kerns unterscheidet *Ramón y Cajal* einen medialen und einen lateralen Abschnitt; letzteren erklärt dieser Autor als absteigenden Kern des Nervus vestibularis.

(Fig. 93 *ta*), von deren elementarem Bau im folgenden noch die Rede ist.

In dem Uebergangsgebiet zwischen Oblongata und Pons Varolii




Fig. 95.

Nervenzelle aus dem Nucleus centralis. *c* Nervenfortsatz. *col* dessen Kollateralen. *r* Raphe.




Fig. 96.

Eine Nervenzelle der Formatio reticularis. Ein Dendrit derselben zerfällt in der Raphe (*r*) in zwei Äste. Die aus der anderseitigen Formatio reticularis kommende Faser *f* verästelt sich in der Nähe der Zelle und ihrer Fortsätze.

treten einwärts und etwas ventral von den Facialiskernen neue graue Massen auf in Gestalt der oberen Oliven und ihrer Nebenoliven (Fig. 98 *os*). Ihre mittelgrossen Nervenzellen erscheinen in der Regel in Form langgezogener Gebilde, welche (*Golgi*-Methode) von Verästelungen hier eintretender Fasern des Acusticus umgeben sind (Fig. 100 *f*, *f*, *f*); die Neuriten dieser Zellen laufen, wie ich an *Golgi*schen Präparaten finde, zumeist einwärts gegen die Raphe, jedoch sind hier mit Sicherheit auch solche Elemente nachweisbar, deren

Neuriten sich lateralwärts wenden und zum Acusticus gelangen (Fig. 99).

In unmittelbarer Nähe der oberen Oliven sind zwischen den hier verlaufenden Querfasern des Corpus trapezoideum die kleinen grauen Trapezkerne eingelagert (Fig. 97 *ct*). Ihre kleinen ovalen oder länglichen Zellen stehen, wie die der Oberoliven, in gewissen Beziehungen zu den Fasern des Corpus trapezoideum und somit zum Gehörnerven (s. unten).*) In gleicher Höhe begegnet man am lateralen Winkel der Rautengrube einem besonderen, zuerst von mir beschriebenen Kern (Fig. 97 *nv*), welcher die Fasern des Ramus vestibularis acustici aufnimmt (Nucl. angularis, Nucleus nervi vestibularis, *Bechterew*scher Kern der Nomenklatur *Raubers* und *Obersteiners*); seine Nervenzellen gehören zu den mittelgrossen und senden ihre Neuriten teils nach innen zu den dorsalen Bezirken der Formatio reticularis, teils zum hinteren Kleinhirnarm. Sodann findet sich in dem Knie der Facialiswurzel der Kern des Nervus abducens (Fig. 97 *n*VI). Zu beiden Seiten der Raphe aber tauchen in der ventralen Haubenregion mächtige graue Kerne auf, welche mit dem Brückengrau zusammenhängen und den Eindruck machen, als ob letzteres sich weit gegen die Haube hin emporgewölbt habe; nach aussen bilden sie ziemlich ansehnliche flügelförmige Prominenzen. Zahlreiche, aus der Raphe in die lateralen Teile der Formatio reticularis eindringende Fasern durchqueren dieselben und verleihen hierdurch ihrem Inneren ein netzartiges Gefüge, mit Rücksicht worauf ich diese von mir zuerst beschriebenen Kerne Nuclei reticulares tegmenti, Brückenhaubenkerne genannt habe (Fig. 103

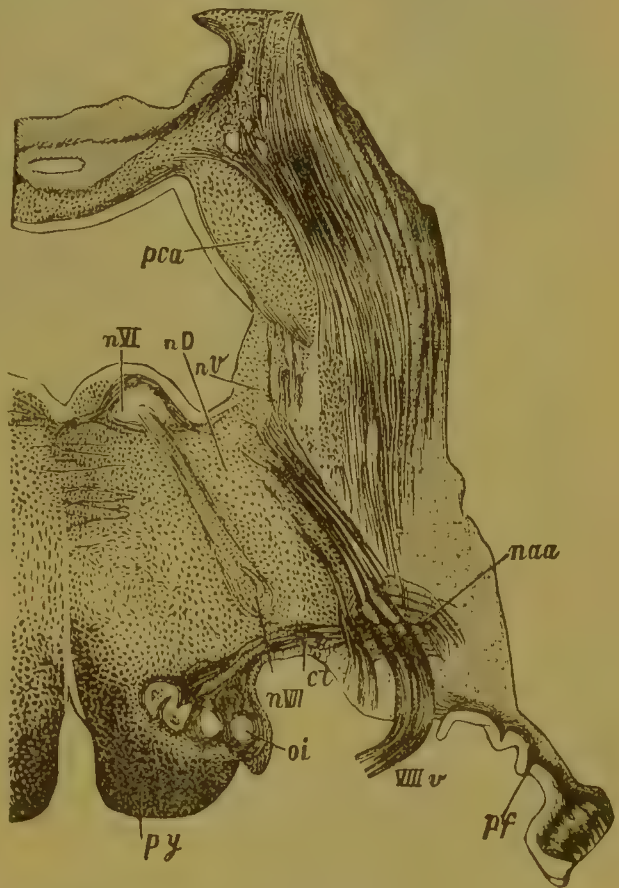



Fig. 97.

Durchschnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *pca* vorderer Kleinhirnschenkel. *nv* Nucleus vestibularis. *nD* *Deiters*'scher Kern. *nVI* Nucleus nervi abducentis. *naa* Nucleus acustici anterior. *pf* Pedunculus flocculi. *VIIIv* vestibulare Wurzel des Acusticus. *ct* Trapezkern. *nVII* Nucleus nervi facialis. *oi* Oliva inferior. *py* Pyramis. *Weigert.*

*) Als Nucleus präolivarius beschreibt *Ramón y Cajal* eine besondere Zellanhäufung vor der Oberolive und lateral von dem Trapezkern. Von anderen Autoren werden die fraglichen Zellen als Bestandteile des Trapezkerns aufgeführt.

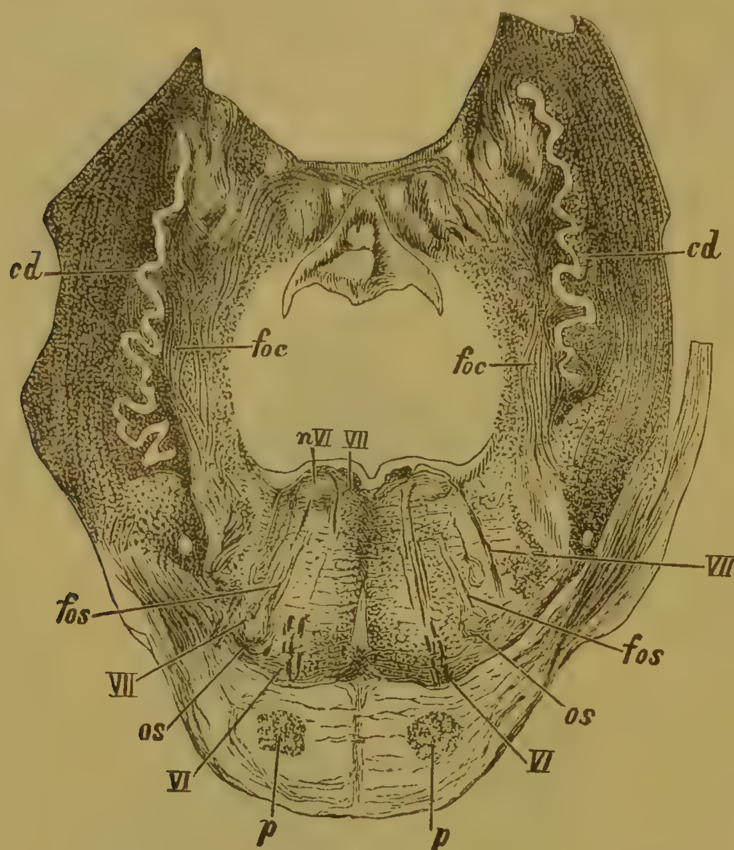



Fig. 98.

Schnitt durch die Brücke vom Neugeborenen. *cd* Corpus dentatum. *fos* Faserzug aus der Oberolive zum Nucleus nervi abducentis. *VII* Facialiswurzel. *os* Oliva superior, ventral davon sieht man Fasern des Trapezkörpers. *VI* Wurzelfasern des nerv. abducens. *p* Pyramis. *foc* Faserbündel, von der Oberolive zum Dachkern hinaufsteigend und unterhalb dieses sich kreuzend. *nVI* Abducenskern. Behandlung nach *Pal*.

und 107 *nrt*). Ihre Nervenzellen erscheinen zwar wesentlich kleiner, als die der Centralkerne, sind aber immerhin ziemlich ansehnliche über mittelgrosse Elemente.

Etwas weiter proximalwärts erscheinen in der Gegend der Trigeminuswurzeln zum ersten Mal die motorischen und sensorischen Kerne des Trigeminus (Fig. 103 *nVs*, *nVm*); der Nucleus reticularis ist hier bereits zu voller Entfaltung gelangt. Was den motorischen Trigeminuskern anbetrifft, so besteht er gleich anderen motorischen Kernen aus grossen Nervenzellen, deren Hauptfortsätze in Wurzelfasern




Fig. 99.

Zelle aus der oberen Olive. *c* Nervenfortsatz. — Behandlung mit salpetersaurem Silber nach *Golgi*.

übergehen. Der sensible Trigeminuskern hingegen enthält kleine Zellelemente inmitten feinster Verästelungen von Wurzelfasern; er stellt übrigens kein selbständiges Gebilde vor, sondern geht unmittelbar in die Substantia gelatinosa des Trigeminus über.

In der Nähe des oberen Winkels der Rautengrube lagert sodann eine **Zellgruppe**, aus welcher die **absteigende Quintuswurzel** entspringt; ihre Elemente sind bläschenförmig und von mittlerer Grösse (Fig. 103 *nVd*).*)




Fig. 100.

Obere Olive vom neugeborenen Hunde. Behandlung mit salpetersaurem Silber nach *Golgi*. Nach einem Präparate von Dr. *Korolkoff*. *l* Markschicht um den Olivenkern. *f, f, f* Endverästelungen von Fasern in der Olive. *cl* Nervenzelle, mit Silber imprägniert.




Fig. 101.

Aus dem Facialiskern vom neugeborenen Hunde. Behandlung nach *Golgi*. *f, f, f* Endverästelungen von Fasern zwischen Zellen des Facialiskerns. *ct* Corpus tapezoideum.




Fig. 102.

Eine Zelle aus dem Trapezkern. Behandlung nach *Golgi*. Die Fasern *f, f, f', f* treten mittelst feinster Endramifikationen an die Zelle und deren Fortsätze heran. *ct* Corpus trapezoideum.

*) *Golgi* erklärt diese Zellen als unipolare, nur mit Neuriten versehene Gebilde; solches wird aber durch anderweitige Untersuchungen nicht bestätigt, vielmehr erweist es sich dass die fraglichen Zellen an ihren dem Nervenfortsatze entgegengesetzten Ende einen, ja manchmal auch zwei Dendriten entwickeln (*Lugaro*).

Ventral und etwas einwärts, gewissermassen in der Fortsetzung dieser Zellgruppe und auch ähnliche Nervenzellen einschliessend, findet sich

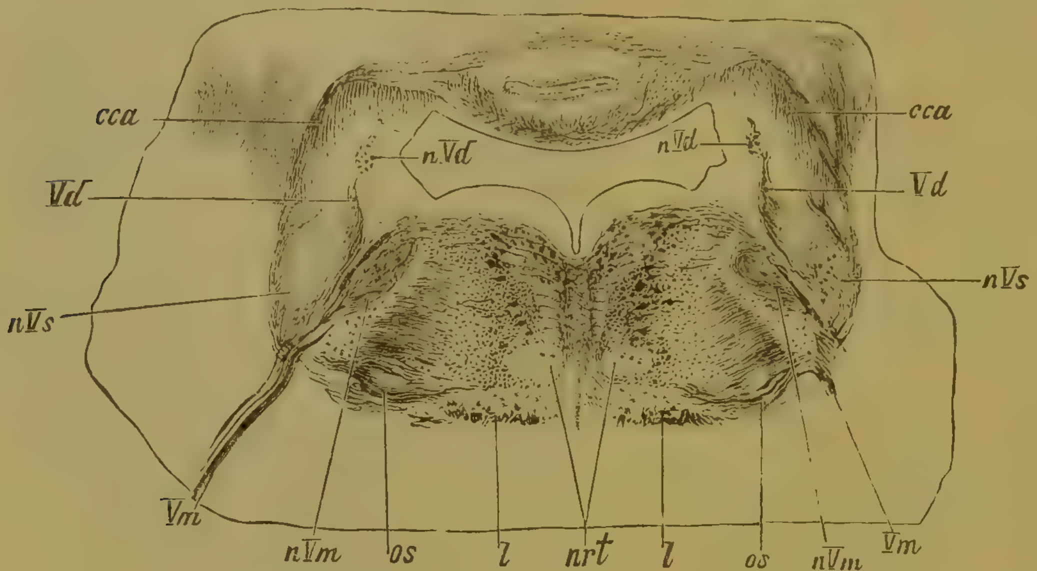



Fig. 103.

Schnitt aus dem Gehirn einer 9monatigen menschlichen Frucht. *cca* vorderer Kleinhirnschenkel. *Vd* Radix descendens trigemini. *nVs* Sensorischer Kern des Trigeminus. *Vm* Motorische Trigeminuswurzel. *nVm* Motorischer Kern des Trigeminus. *os* Oliva superior. *l* Schleifenschicht. *nrt* Nucleus reticularis tegmenti. *nVd* Bläschenförmige Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel. Behandlung nach *Weigert*.

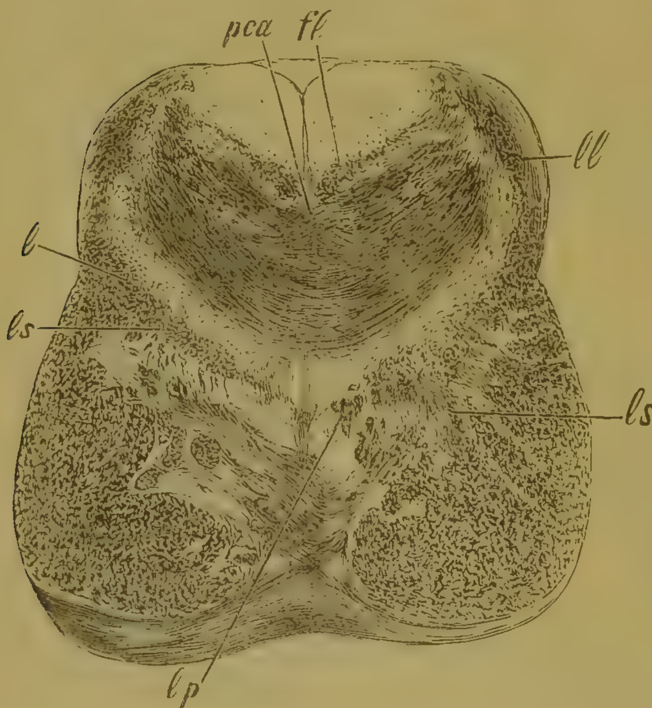



Fig. 104.

Gehirn eines Erwachsenen mit rechtseitiger Erweichung im Gebiete der inneren Kapsel. Der Schnitt verläuft hinter dem distalen Vierhügel, dicht vor der Brücke. *Weigert*. *l* Schleifenschicht. *lp* mediale Schleife, links atrophisch. *ls* zerstreute accessorische Schleifenbündel, rechts in den Hirnschenkel eintretend. *ll* Laterale Schleife mit ihrem Kern. *fl* Hinteres Längsbündel. *pca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel.

der sogenannte Locus coeruleus, auch Substantia ferruginea genannt (Fig. 161 und 163 *sf*). Ferner ist in der Brückenhaube innerhalb der lateralen Schleife eine besondere Anhäufung grauer Substanz zu erwähnen, welche als Kern der lateralen Schleife (Nucleus lemnisci lateralis) bekannt ist (Fig. 104 rechts bei *ll*). Dieser Kern zerfällt topographisch in zwei Abschnitte, die als oberer und unterer Kern der lateralen Schleife bezeichnet werden können.

Etwa in derselben Ebene finde ich im Centrum der Formatio reticularis, zwischen grossen

Mengen von Faserzügen eingelagert und hierdurch an den unteren Centralkern erinnernd, ein Häufchen ausserordentlich grosser multipolarer Zellen. Da dieser Zellhaufen, soviel ich weiss, bisher nicht beschrieben ist, so schlage ich für denselben die Bezeichnung Nucleus centralis superior lateralis oder einfach Nucleus centralis superior vor (Fig. 105 *ncse.*)*)

Endlich zeigen Schnitte, unmittelbar hinter dem distalen Vierhügel ausser den schon genannten zu beiden Seiten der Raphe je einen neuen Kern, welchen ich seiner Zeit als Nucleus centralis superior beschrieben habe (Fig. 105 *ncsi*, Fig. 106 *nes*) und welcher im Gegensatze zu dem vorerwähnten (Fig. 105 *ncse*) Nucl. centralis superior medialis oder noch besser Nucleus medialis genannt werden kann. Er besteht aus einem dichten Gefüge kleiner Nervenzellen und unterscheidet sich dadurch wesentlich von dem unmittelbar hinter ihm gelegenen Nucl. reticularis tegmenti (Fig. 105 *nrt*).

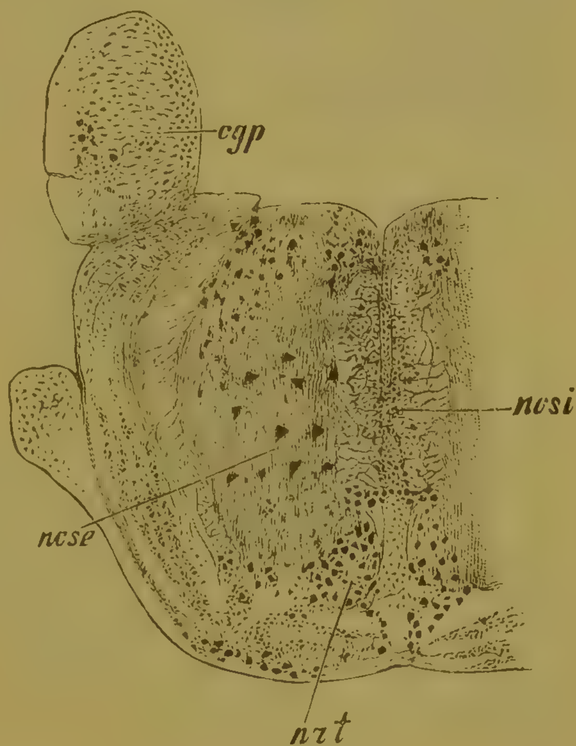



Fig. 105.

Querschnitt der Brücke im Niveau des hinteren Teiles des distalen Vierhügels vom Hunde. *cqp* Corpus quadrigeminum posticum; *ncse* Nucl. centralis superior externus; *ncsi* Nucl. centralis superior internus s. Nucleus medialis; *nrt.* vorderer Teil des Nucl. reticularis tegmenti. Man erkennt die relative Grösse der Nervenzellen in den Kernen. — Karminpräparat.

Ausser den schon namhaft gemachten Kernen findet sich in der Formatio reticularis eine Reihe grauer Formationen, welche sich zwar mehr oder weniger von den umgebenden Teilen abheben, aber doch nicht mit voller Schärfe zu umgrenzen sind. Solcher giebt es in der sogenannten Substantia grisea des verlängerten Markes, in der Gegend der Acusticuskerne einwärts vom Corpus restiforme und über den oberen Oliven, in der Vierhügelgegend medial vom vorderen Kleinhirnschenkel und längs dem Innenrande der Schleife. Ebenso sieht man an der ventralen, besonders aber an der lateralen Seite des

*) Mit grosser Prägnanz tritt dieser Kern am Gehirn vom Hunde und der Katze hervor auf Durchschnitten in der Gegend zwischen hinterem Vierhügel und Kleinhirn. Seine Zellen sind bei den genannten Tieren so mächtig, dass sie an Karminpräparaten als einzelne Punkte schon mit blossem Auge wahrgenommen werden können.

hinteren Längsbündels die Zellen der Formatio reticularis zu dichteren Haufen zusammentreten.




Fig. 106.
Schrägschnitt durch den Gehirnstamm in der Richtung von oben-hinten nach vorne-unten. Von einem wenige Wochen alten Kinde. *ncs* Gegend des Nucl. centralis superior internus; *flp* Fasciculus longitudinalis dorsalis; *fc* centrale Haubenbahn; IV Trochleariswurzel nach der Kreuzung über dem Aquaedukt; *ll* laterale Schleife; *l* Hauptschleife; *lsp* Schleifenfasern zum Hirnschenkel; *p* Pyramidenbahn; *fsp'* zerstreute feine Fasern der Schleifenschicht; *crca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel. *Weigert.*

Im Fusse des Pons Varolii treten auf der ganzen Strecke zwischen oberem Ende der grossen Olive bis zum distalen Vierhügel grosse Massen grauer Substanz auf, teils zerstreut zwischen weissen Markfasern, teils in der dorsomedialen, venventralen und lateralen Brückengegend sich häufend; man nennt sie Brückenkerne (Fig. 107). Sie können ihrer Lage nach als mediale (Fig. 104) und laterale Brückenkerne (Fig. 111) unterschieden werden. Hier wie dort finden sich ziemlich ansehnliche verästelte Zellen mit in der Regel medianwärts zur Raphe verlaufenden Neuriten. Ausser Zellen und Zellfortsätzen enthalten die Brückenkerne Endverästelungen eintretender Nervenfasern, welche nach meinen Beobachtungen nicht selten mit Moosfasern des Kleinhirns (s. unten) grosse Ähnlichkeit darbieten (Fig. 108). — Unmittelbar proximal von der Brücke hat das Ganglion interpedunculare *Gudden* (Fig. 109 *gi*), ein bei vielen Tieren ungemein stark entwickeltes, im menschlichen Gehirn aber nur angedeutetes Gebilde seine Lage.

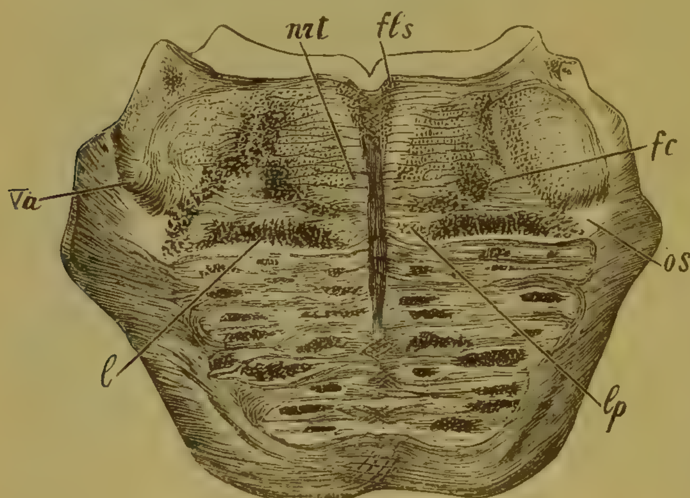



Fig. 107.
Querschnitt durch die untere Hälfte der Brücke von dem Gehirn der Figur 104. *fls* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *Va* Radix ascendens trigemini; *l* Schleifenschicht; *os* Lage der oberen Olive; *fc* centrale Haubenbahn; *lp* mediale Schleife, auf der anderen Seite atrophiert.

Auf Schnitten durch die Gegend des hinteren Vierhügels er-

scheint in der Wölbung des Corpus bigeminum posticum das graue hintere Vierhügelganglion (Fig. 105 *cgp*, Fig. 110 *ncqp*, Fig. 111 *cgp*, Fig. 166 *cbp*); gleichzeitig treten die Kerne des Nervus trochlearis auf (Fig. 166 *n IV*). Letztere erfahren bei Besprechung der Trochleariswurzeln eingehende Würdigung. Was aber den hinteren Vierhügel betrifft, so können auf Querschnitten desselben bei Anwendung des *Golgi*schen Imprägnationsverfahrens, abgesehen von der äusseren Neuroglialage folgende Schichten unterschieden werden: 1) eine äussere Markschicht, welche in das Kleinhirnmark übergeht und kontinuierlich vom vorderen Vierhügel aus verfolgt werden kann; 2) eine mächtige Lage markhaltiger Fasern, kaudalwärts in dem Anfangsteil des Velum medullare anterius sich verlierend; 3) das Ganglion (den Kern) des hinteren Vierhügels, überallhin von weisser Substanz umgeben; 4) eine Schicht grober Fasern einwärts von der lateralen Schleife, und 5) die centrale graue Substanz. Der Kern des hinteren Vierhügels enthält grosse Mengen kleiner Nervenzellen von zumeist ovaler oder dreieckiger Gestalt, deren zahlreiche verästelte Fortsätze als dichter Faserfilz den Kern überall durchdringen. Der sogenannten lateralen Schleife entstammende Markfasern lagern sich ferner als kontinuierliche Hülle, einem Beutel nicht unähnlich, um den Kern, und senken sich unter Bildung eines ungemein dichten Netzes in die Tiefe desselben hinein.*)




Fig. 108.

Zwei Nervenzellen aus den Brückenkernen. Neugeborene Katze. *Golgi*. *cc* Neuriten; *f*, *f* an die Zellen herantretende Moosfasern.

*) Ventral von dem hinteren Vierhügelganglion und medial von dem dorsalen Ende der unteren Schleife beschreibt *Mingazzini* ein Feld von etwa quadratischer Form — Area parabigemina —, welches inmitten ungemein feiner Fibrillenbündel in seinen seitlichen Teilen grosse multipolare, ziemlich scharf konturierte Nervenzellen beherbergt.

Etwas höher, zwischen beiden Vierhügelpaaren, stösst man in der lateralen Haubengegend auf einen kleinen Kern, den ich vor Jahren als Nucleus lemnisci lateralis (Fig. 111 *cpr* Fig. 166 *cpb*) beschrieben habe; gegenwärtig halte ich es, um Verwechselungen mit dem vorerwähnten Kern der lateralen Schleife zu vermeiden und mit Rücksicht auf den ursprünglichen Vorschlag von *P. Flechsig*, für richtiger ihn Corpus parabigeminum zu nennen.

Was den etwas höher gelegenen vorderen Vierhügel anlangt, so besitzt er nicht die Eigenschaften eines scharf umgrenzten Kernes, vielmehr lässt seine graue Substanz in ihrem Verhalten zu den einstrahlenden Faserzügen viel Ähnlichkeit mit der Grosshirnrinde erkennen. Zieht man die ganze Masse des vorderen Vierhügels in Betrachtung, so ergiebt sich, da seine graue Substanz an vielen Orten von mächtigen Lagern markhaltiger Nervenfasern durchsetzt wird (Fig. 109), folgende gewebliche Zusammensetzung: 1) Die oberflächliche graue Substanz und das periphere Mark, letzteres aus Opticusfasern bestehend; 2) die mittlere graue Substanz, liegt in unmittelbarer Fortsetzung der oberflächlichen und enthält zahlreiche grössere Nervenzellen; 3) das zum Teil noch in dem mittleren Grau, zum grössten Teil aber tiefer gelegene mittlere Mark, welches u. a. Faserzüge der dem Occipitallappen entstammenden *Gratiolet*schen Sehstrahlung einschliesst; 4) die tiefe graue Substanz und das tiefe Mark, ersteres hängt innig mit dem übrigen Vierhügelgrau zusammen, letzteres besteht aus Fasern, welche aus dem tiefen und mittleren Grau entspringen und weiterhin längs der Peripherie der grauen Substanz des Aquaeductus herabziehen, um unterhalb dieses in die sogenannte fontänenförmige Kreuzung (s. unten) einzugehen.

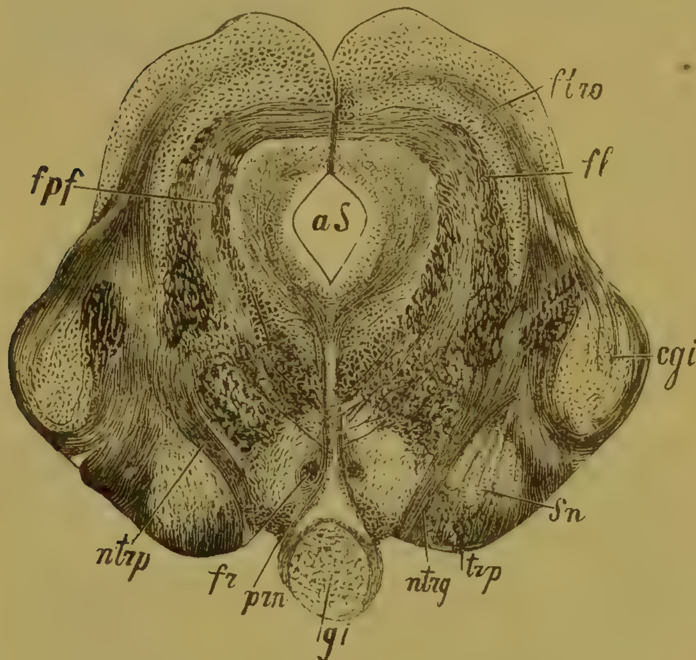



Fig. 109.

Querschnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Fasern der Schleifenschicht; *cgi* Corpus geniculatum internum; *sn* Substantia nigra; *trp* Tractus transversus pedunculi; *ntrp*, *ntrg* konischer Endkern des letzteren; *gi* Ganglion interpedunculare; *pm* Pedunculus corporis mammillaris; *fr* Fasciculus retroflexus; *fpf* Fasern vom tiefen Mark des vorderen Vierhügels; *aS* Aquaeductus Sylvii. *Weigert.*

Die Nervenzellen des vorderen Vierhügels bieten je nach ihrer Lage mannigfache Grössen- und Formverhältnisse dar; es sind ausser der Neuroglia folgende drei Schichten zu unterscheiden: 1) Die Lage der kleinen Nervenzellen mit verschieden gerichteten Neuriten; 2) die Lage der grösseren multipolaren Zellen, welche ihre Neuriten grösstenteils in das mittlere und tiefe Mark, zum Teil aber, soweit sie der Raphe benachbart liegen, medianwärts abgeben, in welchem Falle sie letztere über dem Aquaeductus Sylvii über-

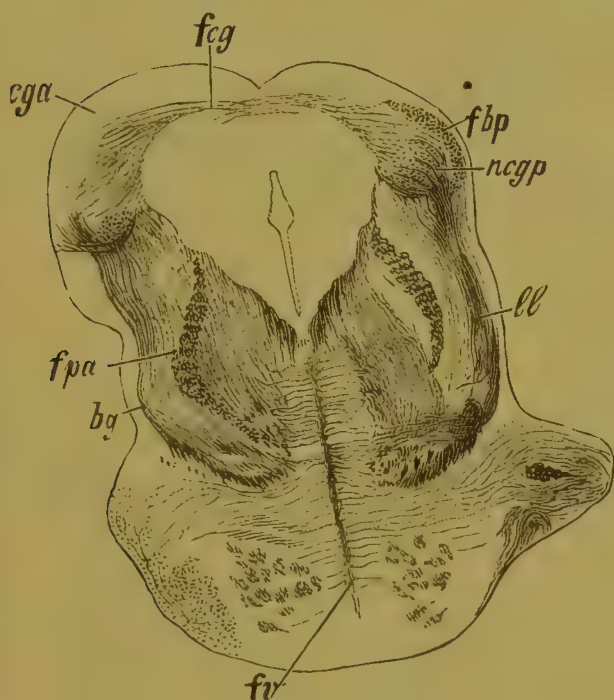



Fig. 110.

Schrägschnitt durch Vierhügel und Brücke eines fast vollständig ausgeragenen menschlichen Foetus. *ll* Laterale Schleife; *ncgp* Kern des distalen Vierhügels; *fbp* Fasern des Brachium posticum aus dem Kern des hinteren Vierhügels; *fcg* Faserkreuzung über dem Aquaedukte in der Gegend des vorderen Vierhügels; *cga* Corpus quadrigeminum anticum; *fpa* Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels; *bg* Schleifenfasern zum Vierhügel; *fv* Fasciculus verticalis pontis.




Fig. 111.

Querschnitt durch den hinteren Vierhügel von einem dreimonatigen Kinde. Pal. *cgp* Kern des hinteren Vierhügels; *cpr* Corpus parabigeminum; *l* Schleifenschicht; *fo* laterale Fasern des Hirnschenkelfusses mit beginnender Markscheidenentwickelung; *p* Pyramidenbahnen; *ff* mediale Fasern des Hirnschenkelfusses mit beginnender Markscheidenentwickelung. Zwischen den Faserzügen sieht man die grauen Massen der lateralen Brückenkerne.

schreiten und zu dem Marke des kontralateralen Vierhügels gelangen (Fig. 112); 3) endlich kommen in der Nähe des Höhlengraues wiederum kleine Nervenzellen vor, die mit denen der ersten Schicht in jeder Hinsicht übereinstimmen. Übrigens sind alle diese Schichten nicht so streng, wie man annehmen möchte, voneinander getrennt. Die Neuriten der Zellen der mittleren Lage gehen teils nach aussen und werden zu Bogenfasern des vorderen Vierhügels, teils nach innen zu der zentralen Substanz, biegen hier um und verlaufen längs der Ventrikelwand; ein Teil derselben endlich wendet sich über dem Aquaeductus Sylvii zur Raphe und gelangt auf die andere Seite (Fig. 112). — Es sei noch bemerkt,

dass in dem vorderen Vierhügel zahlreiche Nervenzellen von *Golgis II* Typus vorkommen (Fig. 113).

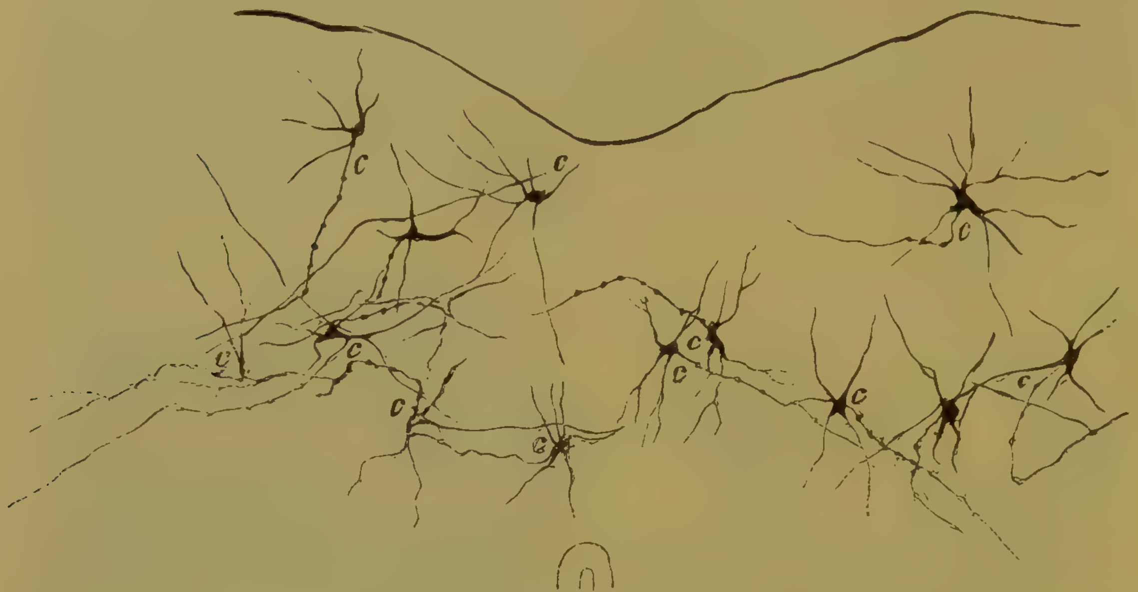



Fig. 112.

Zellen aus dem vorderen Vierhügel vom neugeborenen Hunde. Nach Präparaten von Dr. *Korolkoff* mit der Camera lucida entworfen. Der Centralkanal — um Raum zu sparen — etwas höher als in der Wirklichkeit; Behandlung nach *Golgi*. *c* Neuriten.




Fig. 113.

Eine Zelle vom Golgischen Typus (Cellula axiramificata) aus dem vorderen Vierhügel. c Neurit.

In der Ebene des proximalen Teiles des vorderen Vierhügels beginnen in den ventralen Teilen der grauen Substanz des Aquaeductus Sylvii die Kerne des Nervus oculomotorius aufzutreten (Fig. 117 *n III*). Etwas höher und dorso-lateral davon liegt ein kleines Gebilde, welches am besten als Kern der hinteren Kommissur (Fig. 116 *ncp*) bezeichnet werden kann.*) Ventral und gleichzeitig nach aussen-hinten von den Oculomotoriuskernen erscheinen die aus mittelgrossen und kleinen Nervenzellen bestehenden

---

*) *L. Darkschewitsch* hat ihn irrtümlich als oberen Oculomotoriuskern beschrieben. Neurol. Centralbl. 1885. No. 21.

roten Kerne (Fig. 116 *nr*)*). In dieser Gegend liegt, an den ventromedialen Abschnitt des roten Haubenkerns anstossend, das kleine, aus pigmentierten, ziemlich ansehnlichen dreieckigen Zellen aufgebaute Ganglion mediale mesencephali. Noch mehr lateral vom roten Kern und näher zum Hirnschenkelfusse trifft man auf die pigmentierten Nervenzellen der Substantia nigra Sömmerringii (Fig. 116 und 117 *sn*); dieselbe grenzt hier die Haube gegen den Fuss ab und erstreckt sich vom oberen Teil des Pons Varolii bis zum Corpus subthalamicum (s. unten). An *Golgi*-Präparaten erscheint die Substantia nigra aus Nervenzellen von mittlerer Grösse und mannigfacher Gestalt aufgebaut; die Neuriten derselben werden nach verschiedenen Richtungen abgegeben, teils in die Gegend der Grosshirnschenkel, teils dorsalwärts in die Haube hinein.**)

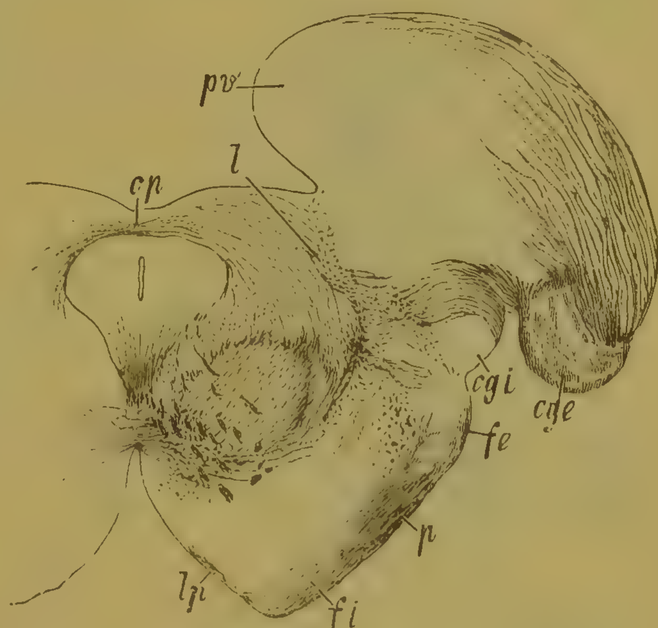



Fig. 114.

Schnitt durch die Grosshirnschenkel eines 2 Monate alten Kindes. *Pal. pv* Pulvinar. *cge* Corpus geniculatum externum; *cgi* Corpus geniculatum internum: *l* Schleifenschicht; *cp* hintere Kommissur; *fe* früh ummarktes Bündel im lateralen Teil des Hirnschenkels; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *fi* früh entwickeltes Bündel im medialen Abschnitt des Hirnschenkels; *lp* mediale Schleife.

In der Tiefe der Grosshirnschenkel lagert zwischen Nucleus ruber und Substantia nigra schräg gegen die anteroposteriore Vertikalebene ein kleinzelliger, länglich-konischer winziger Kern (Fig. 109), welcher die Fasern des sogenannten Tractus peduncularis transversus in sich aufnimmt und deshalb von mir Nucleus tractus peduncularis transversi genannt wird.

---

*) Neuerdings meldet *Mahaim*, dass die roten Kerne beim Kaninchen und Meerschweinchen aus drei Abschnitten bestehen: einem vorderen kleinzelligen, einem mittleren und hinteren. Der vordere Abschnitt steht mit der entsprechenden, der mittlere und hintere mit der gekreuzten Kleinhirnhälfte in Verbindung. Nach demselben Autor schliesst der Nucl. ruber noch einen kleineren Kern (Nucl. minimus) ein. (Recherches sur la structure anatomique du noyau rouge. Bruxelles 1894.)

**) Nach den neuen Untersuchungen von *D. Mirto* (Rivista sperim. di freniatria 1896 Vol. XXII fasc. II) zerfallen die zur Haube verlaufenden Neuriten der Substantia nigra Sömmerringii teils in zwei einander entgegengesetzte Ästchen, teils biegen sie nach Erreichung der Schleife aufwärts um. — Die Elemente der Subst. nigra erinnern durch die üppigen Verästelungen ihrer Kollateralen an Zellen von *Golgis* zweitem Typus.

Etwa in derselben Gegend findet sich zwischen rotem Kern einerseits und der gegen die Seitenfläche des verlängerten Markes verschobenen Schleifenschicht andererseits eine umfangreiche Ansammlung grauer Massen, der von mir sogen. Nucleus innominatus (Fig. 117, nach innen von *l*). Auch einwärts von den roten Kernen giebt es zu beiden Seiten der Raphe einige Anhäufungen mittelgrosser Nervenzellen.

Noch höher gelegene Durchschnitte zeigen dorsal vom vorderen Vierhügel die Zirbel (Glandula pinealis, Fig. 115), welche

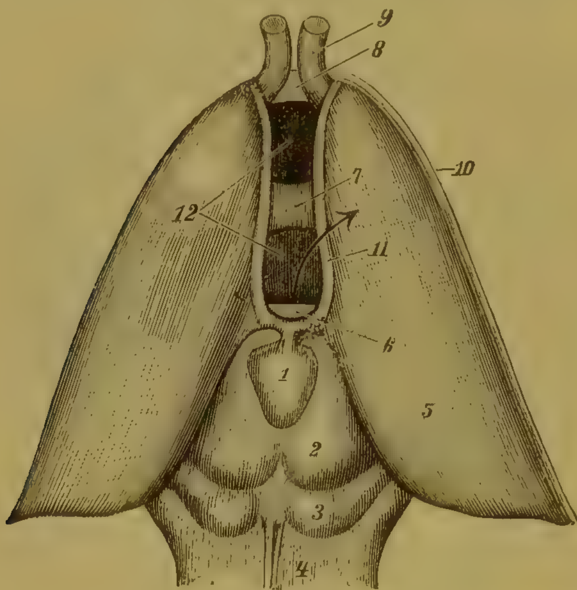



Fig. 115.
**Dorsale Fläche des Zwischen- und Mittelhirns.** *1* Epiphysis cerebri s. Conarium; *2* vorderer, *3* hinterer Vierhügel; *4* Frenulum veli medullaris antici; *5* Thalamus opticus; *6* Commissura cerebri posterior; *7* Commissura media sive mollis; *8* Commissura anterior; *9* Columna fornicis; *10* Stria terminalis s. cornea; *11* Stria medullaris thalami; *12* Ventriculus tertius; Pfeil kommt ventral von der Commissura posterior aus dem Aquaeductus Sylvii. Nach Rauber.

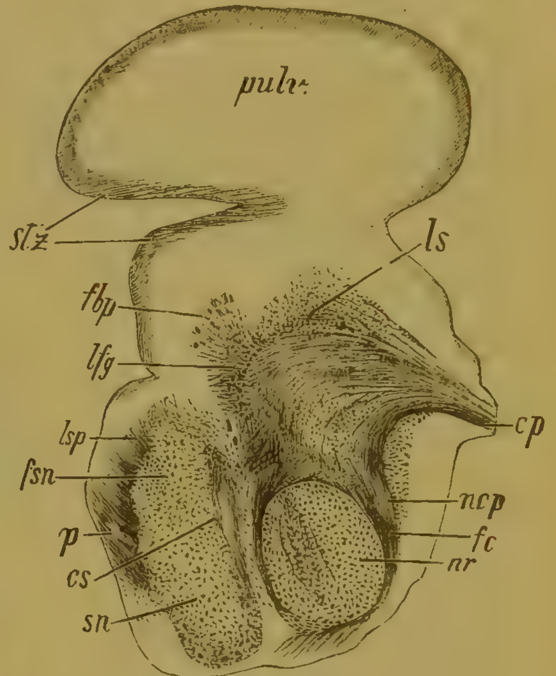



Fig. 116.
**Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde.** *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Fasern des Brachium posticum; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* Fasern der centralen Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus. — *Weigert.*

entgegen der Ansicht von *Schwalbe*, *Cionini* u. A. als ein Nervenfasern führendes Organ erkannt worden ist.*)

In der Gegend des oberen Endes der Substantia nigra erscheint das von dem umgebenden Marklager sich scharf abhebende Corpus subthalamicum s. Luysii (Fig. 118 und 120 *cs*), ferner der Globus pallidus des Linsenkerns (Fig. 118 *gp*), der Nucleus habenulae

*) Neuere interessante Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, dass die Zirbel in der That ein Rudiment eines dritten oder Parietalauges darstellt, dessen Vorkommen bei einigen Varietäten von Lacerta durch die Beobachtungen von *Graaf*, *Spencer* und *Miclucho-Maclay* nachgewiesen ist.

(Fig. 119 *nh*) und der Thalamus opticus (Fig. 118, 119 und 120 *th*) nebst dem angrenzenden Corpus geniculatum mediale und laterale (Fig. 114 *cgi*, *cge*, Fig. 120 *cge*), in welch letzterem noch weitere Kerne unterschieden werden können.

An der Basis des Gehirns sind ausser dem Grau des dritten Ventrikels, welches mit dem grauen Belage des Aquaeductus Sylvii untrennbar zusammenhängt, die Corpora mammillaria (Fig. 119 *ce*), das Tuber cinereum und die Hypophysis zu nennen. Proximalwärts schliesst sich hieran zwischen Kopf des Nucleus candatus und Sehnervenkreuzung der *Ganser*sche Kern.

Von dem Globus pallidus ist zu bemerken, dass er durch die ihn durchsetzende Lamina medullaris interna in zwei Glieder zerfällt; dieselben enthalten, wie *Golgi*-Präparate lehren, abgesehen von durchtretenden Markfasern, zahlreiche verästelte Nervenzellen von mittlerer Grösse und dreieckiger oder unregelmässiger Form, deren Neuraxonen grösstenteils die innere Kapsel aufsuchen (Fig. 122).

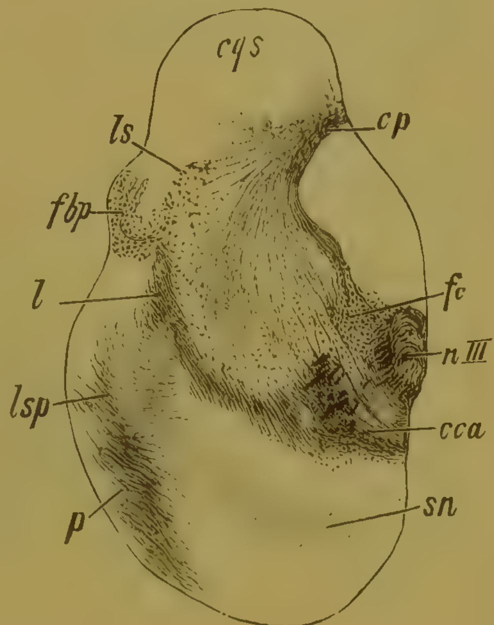



Fig. 117.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. *Weigert.* *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Fasern des Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* Fasern der zerstreuten accessorischen Schleifenbündel, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Fasern der Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* Fasern des vorderen Kleinhirnarmes; *nIII* Kern des Oculomotorius; *fc* Fasern der centralen Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleifenschicht ist die Lage des Nucl. innominatus.

In dem Nucleus habenulae unterscheidet *Ramón y Cajal* zwei Kerne, einen medialen und einen lateralen. Beide geben — *Golgi*-Behandlung — ihre Neuriten in den das Ganglion habenulae mit dem Ganglion interpedunculare verbindenden Fasciculus retroflexus ab (s. unten).

Der Thalamus opticus birgt in seinem Inneren mehrere getrennte Kerne: 1) einen medialen Kern, auch Hauptkern oder *Burdach*scher medialer Kern genannt, mit dem Pulvinar thalami (Fig. 114 *pv*, Fig. 101 *pulv.*) direkt zusammenhängend; 2) einen oberen oder vorderen Kern, nach vorne von dem vorigen; 3) einen von zahlreichen Markfasern durchsetzten lateralen Kern; endlich 4) einen kleinen mittleren Kern (centre médian von *Luys*) zwischen medialem und lateralem Kern. Ferner beschreibt *W. Tschish* (aus dem Laboratorium von *Flechsig*) im Thalamus opticus noch einen besonderen schalenförmigen Körper zwischen mittlerem Kern und den aus dem Nucleus

ruber zum lateralen Thalamuskern hinziehenden Fasern. *v. Monakow* endlich führt im Sehhügel einen hinteren Kern ventral vom Pulvinar zwischen Corpus geniculatum externum und internum und einen ventralen Thalamuskern auf.*)

*Golgi*-Präparate vom Thalamus zeigen einerseits Zellen, deren Neuriten sofort in zahlreiche feinste Reiserchen sich aufsplittern, andererseits solche von mittlerer Grösse mit langen Neuriten, die auf ihrer Bahn nach den Seiten hin Kollateralen entwickeln und von denen ich einige bis in die Capsula interna hinein verfolgen konnte. Sehr grosse Mengen von Fasern endlich finden um Nervenzellen des Sehhügels herum ihre Endverästelung (Fig. 123).

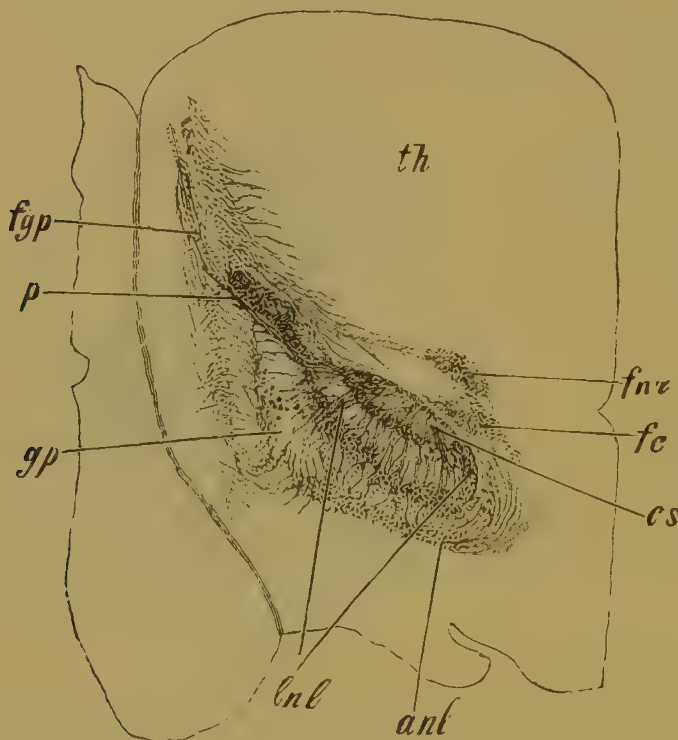



Fig. 118.

Schnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *th* Thalamus opticus; *gb* Globus pallidus; *cs* Corpus subthalamicum; *fgp* Faserzug aus dem Globus pallidus zur Hirnrinde; *p* Pyramidenbahn; *lnl* Schleifenfasern vom Corpus subthalamicum zum Globus pallidus; *anl* Ansa nuclei lenticularis; *fnr* Fasern aus dem roten Kern, allmählich in die basalen Teile des Thalamus übertretend; *fc* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel bezw. zum Linsenkern.

Die Corpora mammillaria (Fig. 119 *ce*, Fig. 173) bergen innerhalb ihrer Markkapsel nach *Guddens* Untersuchungen drei durch ihre Verbindungen verschiedene Kerne, zwei mediale und einen lateralen. *Golgi*schen Präparaten zufolge enthalten diese Kerne ausser Nervenzellen und

*) Die genannten Kerne sind nichts anderes als durch weisse Marklamellen von einander getrennte Teile des Thalamus, welche ihrerseits wiederum kleinere Kerne einschliessen. Wenigstens beschreibt *Nissl* in jedem der grösseren Thalamuskerne des Kaninchens 3—4 kleinere Kerne, welche durch das verschiedene Verhalten ihrer Nervenzellen zu Farbstoffen sich kenntlich machen. Ausserdem nennt dieser Autor beim Kaninchen einen Kern der Gitterschicht und einen vor dem Nucl. habenulae gelegenen mittleren Kern; im vordersten Abschnitt des Thalamus liegt endlich ein Nucleus magnocellularis. Ebenso enthält nach den Angaben *Monakows* der laterale Kniehöcker bis zu fünf Einzelkernen: einen dorsalen, einen lateralen, einen medialen, einen ventralen und ventrolateralen Kern, die beiden erstgenannten zudem aus je zwei Hälften bestehend. Zu den Fasern der Netzhaut steht nur der hintere Teil des dorsalen Kernes in Beziehungen, die übrigen Kerne dagegen hängen mit Fasern aus den optischen Rindencentren zusammen.

Neuriten grosse Mengen von Endverästelungen eintretender Nervenfasern.

In der Substanz des Infundibulum werden nach *Berkeley* ausser eigentümlichen, verschieden gelagerten Neurogliaelementen Nervenzellen angetroffen, deren Neuraxonen häufig die Trichterhöhlung umkreisen.

Was die Hypophysis betrifft, so kommen in dem nervösen Lappen derselben nach den Ermittelungen von *Ramón y Cajal* spindelförmige, dreieckige und sternförmige Elemente mit sehr kurzen Nervenfortsätzen vor und daneben Endverästelungen von Neuraxonen, welche ihr aus dem Tuber cinereum durch den Drüsenstiel zugeführt werden. Letztere bilden um die Nervenzellen ein Geflecht von ganz ungemeiner Dichtigkeit. *Ramón y Cajal* giebt von dem an den nervösen Lappen angrenzenden Epithel eine genaue Beschreibung und findet, dass zwischen den Zellen dieses Epithels die Verästelungen zahlreicher Axencylinder frei endigen; alle diese Fasern, deren Ramifikationen an diejenigen im Neuroepithel erinnern, stammen aus dem nervösen Lappen der Hypophysis, in dem drüsigen Teil derselben kommen ähnliche Fasern nicht vor.*)

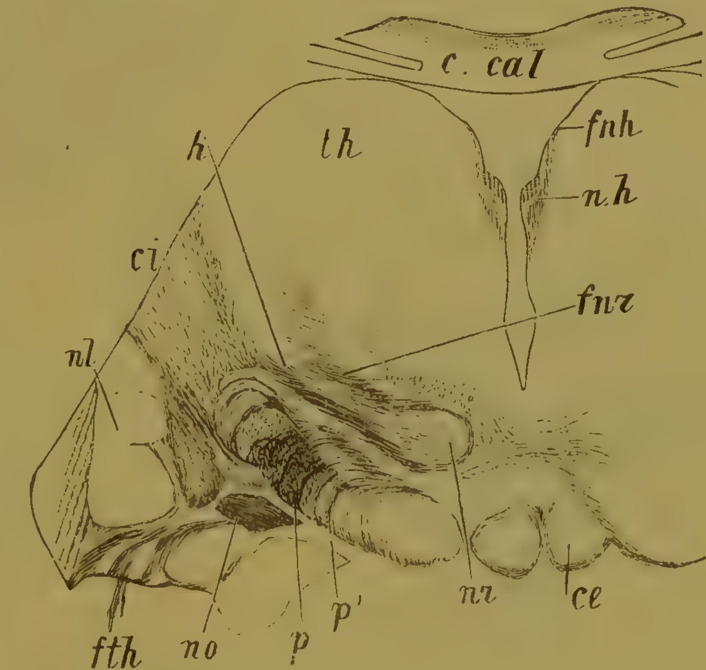



Fig. 119.

Durchschnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns. Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucl. habenulae; *fnh* Faserzug vom Nucl. habenulae zum Stratum zonale thalami; *ce* Corpus candicans; *nr* roter Kern; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *fth* unterer Thalamusstiel; *no* Tractus opticus; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *p'* motorische Hirnnerven, noch nicht völlig markhaltig.

In dem Tuber cinereum finden sich mehrere Kerne; nach *v. Lenhossék* sind deren drei mehr oder weniger scharf abzugrenzen,

*) *Berkeley* meldet, gestützt auf *Golgi*-Präparate, dass durch den drüsigen Lappen des Organes Verästelungen von Axencylindern hindurchgehen. Was den nervösen Lappen betrifft, so ist der Bau desselben viel komplizierter, als man glauben sollte; er erscheint von einer Lage rundlicher Zellen umgeben, zwischen welchen säulenförmig angeordnete Bälkchen ausgespannt sind, und enthält ausser verschieden gestalteten Neurogliaelementen grosse Mengen von Pyramidenzellen, deren Gipfelfortsatz die ganze Dicke der Hypophysis durchläuft und an der

nämlich dicht vor und über dem Tractus opticus ein oberer Kern (Nucl. supraopticus), unmittelbar dahinter ein vorderer und noch weiter nach hinten ein disto-lateraler Kern.

Hinsichtlich des feineren Baues des Höhlengraues der Rautengrube, des Aquaeductus Sylvii und des III. Ventrikels erwähne ich, dass es überallhin von Geflechten feinster Fibrillen durchsetzt ist und mittelgrosse und kleine Nervenzellen aufweist, unter welchen solche von *Golgis* zweitem Typus nichts seltenes sind. Die Geflechte bestehen hier zu einem Teile aus Fortsätzen der ventrikulären Nervenzellen selbst, zu einem anderen Teile aus Endverästelungen der Umgebung entstammender Nervenfasern (Fig. 124 *f, f*) Die Nervenzellen des Höhlengraus häufen sich insbesondere in der Gegend der distalen Hälfte des hinteren Vierhügels zu beiden Seiten der Mittellinie, woselbst sie die in sagittaler Richtung ausgezogenen Kerne des Aquaeduktes darstellen. Die Neuraxonen dieser Zellen scheinen sich ventralwärts den Nachbargebieten der Raphe zuzuwenden.

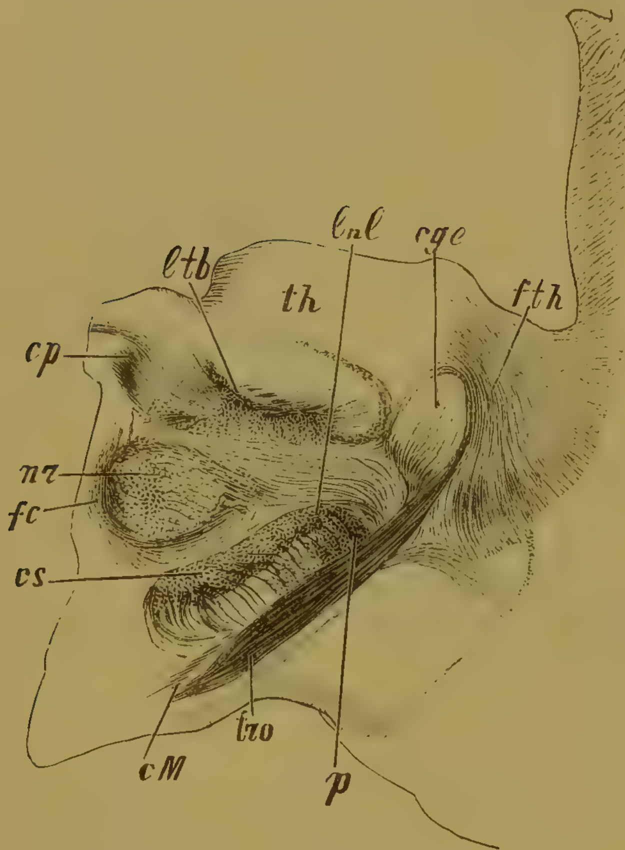



Fig. 120.

Schnitt durch das Gehirn eines mehrere Wochen alten Kindes. *cs* Corpus subthalamicum; *nr* Nucl. ruber; *cp* hintere Kommissur; *th* Thalamus; *ltb* Schleifenfasern zum Thalamus; *lnl* Schleifenfasern vom Corp. subthalamicum zum Globus pallidus; *cge* Lateraler Kniehöcker; *fth* Fasern vom Thalamus zur Grosshirnrinde; *p* Pyramidenbahn; *tro* Tractus opticus; *cM* *Meynert*sche Kommissur; *fc* Centrale Haubenbahn.

Im ganzen ist das Höhlengrau in dem Netze der Leitungsbahnen einem Knotenpunkte zu vergleichen, sofern es mit den allerverschiedensten Fasersystemen bezw. deren Kollateralen in Beziehungen steht. Letztere lagern sich, wie überall in den grauen Kernen,

Oberfläche in feine Endreiserchen sich aufsplittert. Die Axencylinder in der Hypophysis entspringen aus den genannten Zellen und laufen häufig dem Gipfelfortsatze parallel; sie bilden ganz eigenartige moosförmige Verästelungen, deren Oberfläche mehrfach ovale Körperchen trägt. Neben Pyramidenzellen kommen in der Hypophysis auch spindelförmige, bipolare und multipolare Elemente vor. Ferner beschreibt der genannte Autor im Nervenlappen epitheliale Schläuche, welche zweifellos dem drüsigen Teil der Hypophysis angehören.

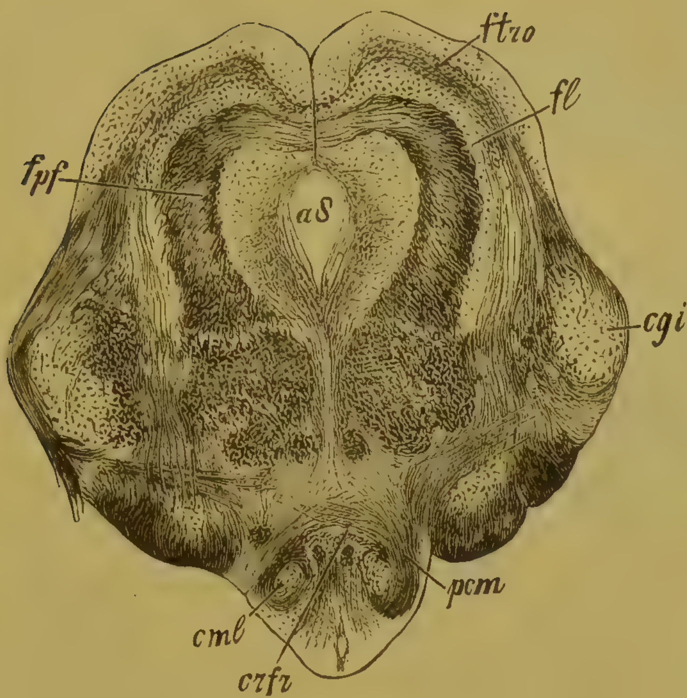



Fig. 121.

Schnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Schleifenfasern im vorderen Vierhügel; *cgi* Corpus geniculatum internum; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *cml* Corpus mammillare; *crfr* Kreuzung von Fasern nach ihrem Austritt aus dem Corpus mammillare; *fpf* tiefe Markfasern im vorderen Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii. — *Weigert.*

mit ihren Endverästelungen an die hier vorhandenen kleinen Zellelemente an, deren Nervenfortsätze zumeist eine excentrische Bahn einschlagen. Nach den Erhebungen von *W. Pawloff* erscheint die centrale graue Substanz beim Menschen sowohl wie bei den Säugetieren auf der Strecke zwischen kaudalem Ende des hinteren Vierhügels bis zur Mitte des vorderen Vierhügels deutlich in mehreren Schichten angeordnet. Die erste Schicht besteht aus cylindrischen Epithelzellen, deren nach aussen gerichtetes zugespitztes Ende in einen langen Fortsatz übergeht. Die zweite wird von verschieden gestalteten, zumeist aber ovalen, radiär angeordneten Nervenzellen gebildet, welche ihre Axonen teils zum Aquaeductus Sylvii hin, teils nach aussen abgeben. Die dritte Schicht, von der Form eines regelmässigen Ringes, entbehrt der Nervenzellen nahezu vollständig und besteht aus einem die Fortsätze der vorigen und der folgenden Schicht in sich vereinigenden dichten Faserfilz. Die Elemente der vierten Schicht sind dicht bei einander liegende Nervenzellen von vorwiegend ovaler Form mit je 3—4 wenig verästelten Fortsätzen. Die fünfte Schicht ist völlig frei von Zellen und stellt ein netzartiges Geflecht dar, in welchem sich die Fortsätze der vierten und der folgenden Schicht ausbreiten. Die sechste Schicht endlich besteht aus grossen multipolaren Zellen von verschiedener Form.




Fig. 122.

Nervenzellen aus dem Globus pallidus der neugeborenen Katze. *Golgi.* c, c Neuriten.

Proximal von der Mitte des vorderen Vierhügels verschwindet die geschilderte regelmässige Anordnung, hier setzt sich das zentrale Höhlengrau aus grossen Mengen von Nervenzellen zusammen, deren Fortsätze in einem dichten Faserfilz eingehen.

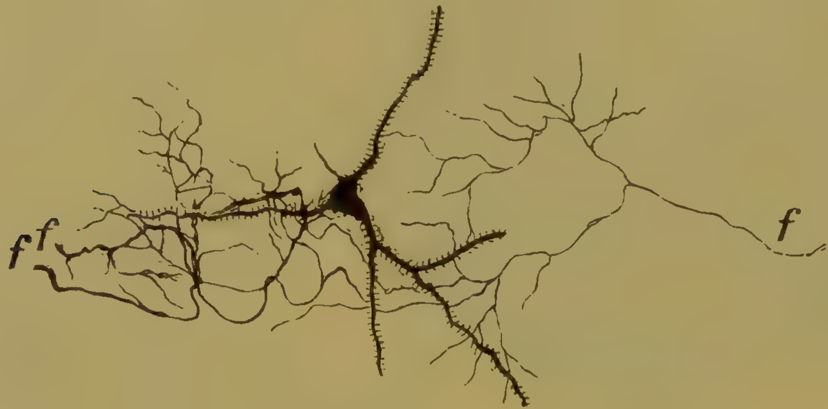



Fig. 123.

Eine Zelle aus dem hinteren Teil des Thalamus. *f, f, f* Endverästelungen von Fasern in der Umgebung der Zelle.

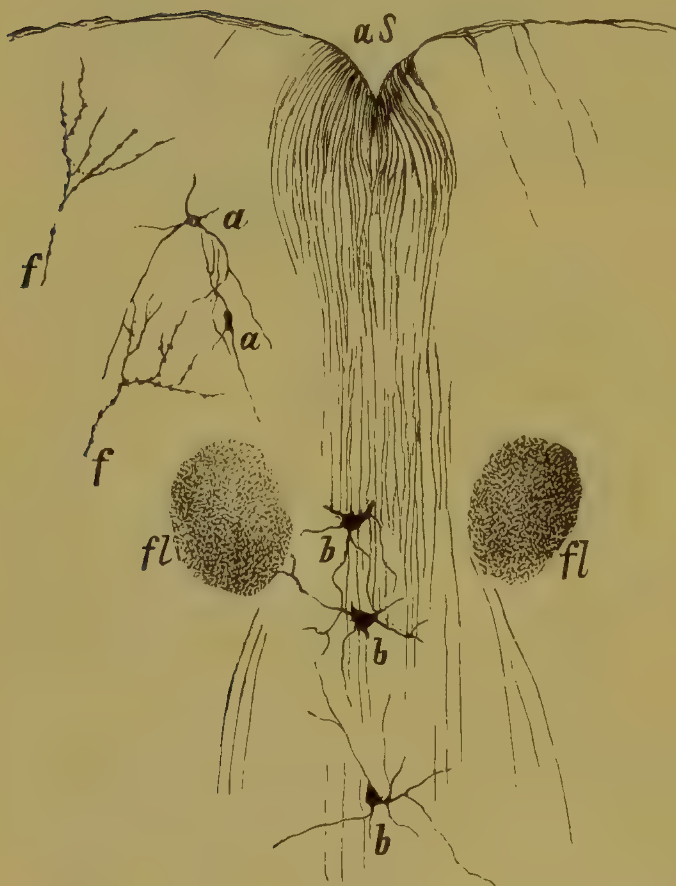



Fig. 124.

Durchschnitt des Aquaeductus Sylvii in der Ebene des distalen Vierhügels. Gehirn eines neugeborenen Hundes. *f, f* Verästelung von Fasern in der centralen grauen Substanz; *a, a* Nervenzellen der letzteren; *b, b, b* Nervenzellen des medianen Kerns; *fl* Fasciculus longitudinalis; *a S* Boden des Aquaeduktes. — *Golgi.*

Hinsichtlich der physiologischen Deutung der im vorhergehenden namhaft gemachten Gebilde erweisen sich unsere Kenntnisse in vielen Punkten noch überaus lückenhaft. Wenn man von den Hirnnervenkernen, deren Bedeutung sich, wenn auch bei weitem nicht ausnahmslos, aus ihren anatomischen Beziehungen zu den abgehenden Wurzeln ergiebt, absieht, so ist in physiologischer Beziehung bis anhin folgendes ermittelt worden.

Die unteren Oliven haben, wie ich aus Tierversuchen ersehe, zweifellos Beziehungen zu der Funktion des Körpergleichgewichts. Dieses

Ergebnis steht in bestem Einklange mit der unten näher zu würdigenden Thatsache des Vorhandenseins inniger Verbindungen zwischen unterer Olive und Kleinhirn. Ferner muss ich aus meinen bezüglichen Versuchen an Tieren den Schluss ziehen, dass auch die der Höhle des III. Ventrikels benachbarten Teile für die Erhaltung des Körpergleichgewichtes von unmittelbarer Bedeutung sind. Gewisse noch nicht näher erkannte Beziehungen zu den in Rede stehenden Verrichtungen haben endlich die Brückenkerne, die wie im folgenden gezeigt wird, mit den Hemisphären des grossen und kleinen Gehirns in ausgedehntem Masse verknüpft sind.

Die Kerne der Formatio reticularis stellen zweifellos sehr wichtige Reflexcentra vor, wiewohl über die besondere Natur der in den einzelnen Kernen erzeugten Reflexe keine sicheren Ermittelungen vorliegen. Ich bemerke hier nur, dass der Nucl. funiculi anterioris gemäss den Versuchen von *N. Misslawski* als ein respiratorisches Centrum gelten muss, und dass der Nucl. centralis inferior seiner Lage nach dem vasomotorischen Centrum entspricht und darum vermutlich wohl auch vasomotorische Funktionen besitzen dürfte. Hinwiederum ist dem Nucl. reticularis tegmenti, mit Rücksicht auf seine im folgenden zu betrachtende Verbindungen, höchstwahrscheinlich die Bedeutung eines besonderen motorischen Centrums zuzusprechen.

Wieweit sich die Nuclei medialis und centrales superiores an den Reflexfunktionen des Organismus beteiligen, darüber fehlen noch festere Anhaltspunkte. Was dagegen die grauen Kerne des lateralen Feldes der Formatio reticularis betrifft, so können hier u. a. einige Überlegungen bezüglich der Funktion der oberen Oliven Erwähnung finden. Da letztere nicht allein mit dem vorderen Acusticuskerne (Nucleus anterior *Meynert*), sondern auch mit dem Kern des Abducens in Verbindung stehen, so kann ihnen mit vollem Recht die Bedeutung eines Centrums beigelegt werden, welches u. a. die reflektorischen Augenbewegungen beherrscht. Zu Gunsten dieser Annahme spricht auch der Zusammenhang der Oberoliven mit dem kleinen Gehirne, indem einigermassen umfangreiche Läsionen des letzteren bekanntlich jedesmal reflektorische Störungen der Lage und Bewegung der Augäpfel zur Folge haben.

Von den übrigen Kernen des Gehirnstammes ist hier vor allem die physiologische Rolle zweier der wichtigsten Hirnformationen, nämlich der Vierhügel und der Thalami, eingehender zu würdigen.

Der vordere Vierhügel, sowie der laterale Kniehöcker stehen, wie experimentelle Untersuchungen dargethan haben, in inniger Beziehung zu der Gesichtsfunktion. Dies erhellt schon aus dem Umstande, dass in den Ganglien des vorderen Vierhügels und der Corpora geniculata lateralia die Fasern der Sehnerven eine Unterbrechung ihrer Bahn erleiden. Das Corpus quadrigeminum anterius übernimmt ausserdem

höchstwahrscheinlich die Rolle eines reflektorischen Centrums, durch dessen Vermittelung optische Impulse auf die motorische Sphäre einzu-




Fig. 125.

Die Lage der Gehirnnervenkerne. Verlängertes Mark nebst Brücke durchsichtig gedacht. Motorische Kerne schwarz, sensible blau. Nach *L. Edinger.*

wirken imstande sind; zum Beweise hierfür haben mir Versuche an verschiedenen Tieren gezeigt, dass die leiseste elektrische oder auch nur einfache mechanische Reizung des vorderen Vierhügels mit einer allgemeinen convulsivischen Erzitterung des Körpers prompt beantwortet wird. Es ist ferner zweifellos, dass von dem vorderen Vierhügel aus der Lichtreiz auf die äusseren Augenmuskeln übertragen wird. Endlich enthält die physiologische Litteratur Angaben über Beziehungen des vorderen Vierhügels zu noch weiteren Körperfunktionen, wie zur Atmung und zu den Vasomotoren, jedoch entbehren diese Angaben bis anhin der nötigen thatsächlichen Begründung.

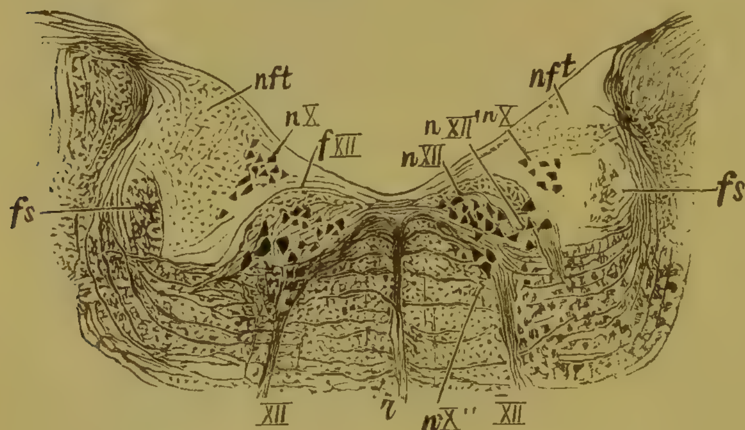



Fig. 126.

Gegend der Hypoglossus- und Vaguskerne eines neugeborenen Hundes nach Entfernung eines Stückes vom rechten Vagus. Nach einem Präparate von *Ossipoff*. *XII* Wurzeln des Hypoglossus; *fXII* Assoziationsfasern des Hypoglossus, dorsal vom Hypoglossuskerne verlaufend; *nX* Nucleus nervi vagi; *nft* kleinzelliger Vaguskern: *fs* Fasciculus solitarius; *nXII* Hauptkern des Hypoglossus; *nXII'* Nervenzellen am lateralen Rande des Hypoglossuskernes; *nXII''* ventraler Teil des Hypoglossuskernes; *r* Raphe. Infolge der erwähnten Operation sind *fs*, *nft* und *nX* rechts atrophisch. — Karminpräparat.

Die Beteiligung des hinteren Vierhügels an den physiologischen

Verrichtungen des Nervensystems galt bis in die letzte Zeit hinein als nicht genügend abgrenzbar. Neuerliche Versuche haben mich gelehrt, dass der hintere Vierhügel Centren für das Gehör, die Stimme und für die Koordination von Reflexbewegungen in sich vereinigt. Seine vollständige Zerstörung führt nämlich bei den Versuchstieren zu Taubheit, Aphonie und Paralyse des Stehens und Gehens, unvollständige Läsionen erzeugen nur Beeinträchtigung dieser Verrichtungen; Reizung des Ganglions entfacht dagegen die Thätigkeit der Stimme, ruft contralaterale Augenbewegungen, sowie krampfartige Bewegungen der Gliedmassen auf der entgegengesetzten und zum geringeren Teil auch auf der entsprechenden Körperseite hervor, und wird endlich von Streckung und Vorbeugung des kontralateralen Ohres begleitet. Die unmittelbaren Beziehungen des hinteren Vierhügels (durch die laterale Schleife und durch Fasern des Corpus trapezoideum) zu dem vorderen Acusticuskerne verleihen jener Annahme rücksichtlich der Gehörfunktion zweifellos eine genügende Stütze, während die Beteiligung des Corpus bigeminum posticum an den Bewegungsfunktionen in seinem Verhalten zu dem Nucl. reticularis tegmenti und zu den Brückenkernen eine befriedigende Erklärung findet.

In Beziehung auf den Thalamus opticus komme ich in Gemässheit von Tierversuchen und pathologischen Beobachtungen zu dem Ergebnis, dass derselbe vorwiegend motorischer Natur ist und bei der Entstehung unwillkürlicher Bewegungen eine wesentlichen Rolle spielt, sei es an den inneren Organen (Herz, Magendarmkanal, Harnblase u. s. w.), sei es an den äusseren Bewegungsorganen, den Muskeln, sei es endlich im Gebiete der als Ausdruck seelischer Empfindungen und Erregungen dienenden sogenannten Affektbewegungen oder Psychoreflexe. Daneben haben die Thalami augenscheinlich die Bedeutung von Centren, durch deren Vermittelung Haut- und insbesondere Tastreize, aber höchstwahrscheinlich auch solche der höheren Sinnesorgane an verschiedenen Körperteilen und an den inneren Organen komplizierte und vielgestaltige Reflexbewegungen auslösen.

Von den übrigen basalen Kernen des Gehirnstammes kann hier bemerkt werden, dass der Globus pallidus zu der sensiblen Sphäre in Beziehungen zu stehen scheint, während das Tuber cinereum den neuesten Versuchen zufolge für den Wärmehaushalt des Körpers von Bedeutung ist. Mit Affektionen der Hypophysis werden endlich in letzterer Zeit besondere Krankheitszustände, bestehend in übermässigem Knochenwachstum (Akromegalie, Gigantismus) in Zusammenhang gebracht.

Ich gehe nun zu einer Beschreibung der Faserzüge des Gehirnstammes über und beginne mit den Wurzeln der Gehirnnerven, welche mit Ausnahme des ersten und des elften Paares hierselbst durchtreten (Fig. 125). Hierbei kann von einer eingehenden Schilderung des all-

bekannten intracerebralen Verlaufes der Wurzelfasern füglich abgesehen werden, und nur über die Endigung derselben in den zugehörigen Kernen ist mit Rücksicht auf die bestehenden Controversen in aller Kürze zu berichten.

Der Nervus hypoglossus entspringt mit seinem Hauptteile aus einem mächtigen, in vertikaler Richtung langgezogenen Kern, welcher mehrere Gruppen grosser Nervenzellen unterscheiden lässt und mit seinem unteren Abschnitt ventral von dem Centralkanal, mit seinem oberen ventrolateral von der medianen Längsfurche zu beiden Seiten

Fig. 127.

**Querschnitt durch die Oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven.** *fs* Fasciculus solitarius; *cr* Corpus restiforme. *Va* Radix ascendens Trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *ois* obere Nebenolive; *oi* untere oder grosse Olive; *p* Pyramide; *oii* mediale Nebenolive; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *fl* aberrierendes Bündel der Oblongata; *nfcl* lateraler Kern des Keilstranges; *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*; *nXII* Kern des Hopoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

der Raphe seine Lage hat (Fig. 127 und 128 *n XII*). Zwischen den Zellgruppen des Kernes ist ein feines und dichtes Geflecht von Nervenfäserchen eingelagert. Die Zellen lassen ihre Neuriten unmittelbar in Wurzelfasern des Hypoglossus übergehen; sie sind durchweg multipolar. Ihre reich verästelten Dendriten erreichen nach den Befunden von *Ramón y Cajal* manchmal den anderseitigen Hypoglossuskern und geben hier zur Bildung einer protoplasmatischen Commissur Anlass.

Wie bereits erwähnt, sind die einzelnen Abschnitte des Hypoglossuskernes durch verschiedene Grösse ihrer Elemente gekennzeichnet, ein Verhalten, welches bisher im Ganzen wenig Beachtung gefunden hat. Meine Präparate vom Hund und der Katze ergeben

zur Evidenz, dass die grösseren Nervenzellen dem lateralen und besonders dem lateral-oberen Gebiete des Kernes angehören und hier das Ansehen einer gesonderten Gruppe gewinnen (Fig. 126). Ebenso treten die zum Teil nach innen von den Wurzeln sich findenden ventralen Zellen des oberen Kernabschnittes in Vergleichung mit anderen Gegenden des Kernes durch ihre ansehnliche Grösse hervor. Es handelt

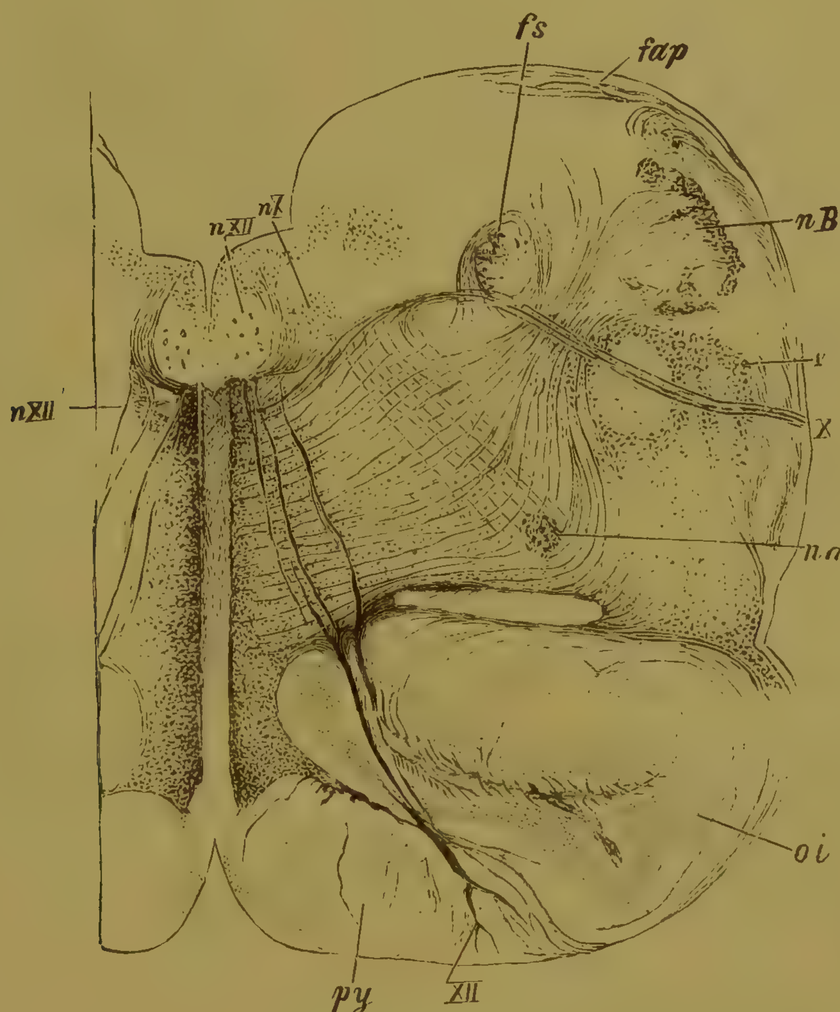



Fig. 128.

Medulla oblongata eines menschlichen Embryo. *V, X, XII* Wurzeln der entsprechenden Hirnnerven; *nX* Kern des Nerv. vagus; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* accessorischer Kern des Hypoglossus; *fs* Fasciculus solitarius; *na* Nucleus ambiguus; *oi* untere Olive; *py* Pyramide; *fap* Fibrae arcuatae posteriores. Färbung nach *Weigert*.

sich augenscheinlich um eine Gliederung des Kernes in einzelne Abschnitte, was ja angesichts der komplizierten Funktion des Nervus hypoglossus nicht Wunder nehmen kann.

Die von vielen Autoren angenommene mediane Kreuzung eines kleinen Teiles der Hypoglossuswurzeln, welcher zufolge der Nerv mit den beiderseitigen Kernen zusammenhängen würde, leugnet in neuerer Zeit *Mingazzini* auf Grundlage seiner Untersuchungen nach der Atrophie-

methode,*) nachdem schon vor ihm *Ganser*, *Mayser* und *v. Gudden* in München, ebenfalls gestützt auf Atrophieversuche, sich mit Entschiedenheit gegen das Vorkommen einer Kreuzung ausgesprochen hatten. Ebensowenig ist es den Herren *Djeloff* und *Teljatnik* in meinem Laboratorium gelungen, durch Untersuchung der Degenerationen mit nachfolgender Behandlung der Präparate nach *Marchi* eine Kreuzung der in Rede stehenden Fasern zu entdecken.**) Und doch sprechen, wie unten gezeigt wird, gewichtige Thatsachen zu Gunsten eines Zusammenhanges der beiderseitigen Kerne; die zwischen ihnen in der grauen Substanz hinziehenden Verbindungsfasern sind schon bei älteren Embryonen wahrnehmbar, bleiben jedoch bei den vorerwähnten Degenerationsversuchen unverändert. Hier kann gleich bemerkt werden, dass nach Exstirpation des Nerv. hypoglossus bei jugendlichen Tieren neben dem Nucl. nervi hypoglossi gleichzeitig der dorsale Kern des Glossopharyngeus merklich atrophisch gefunden wird, ein Verhalten, welches auf das Vorhandensein gewisser Beziehungen zwischen beiden Nerven hindeutet.

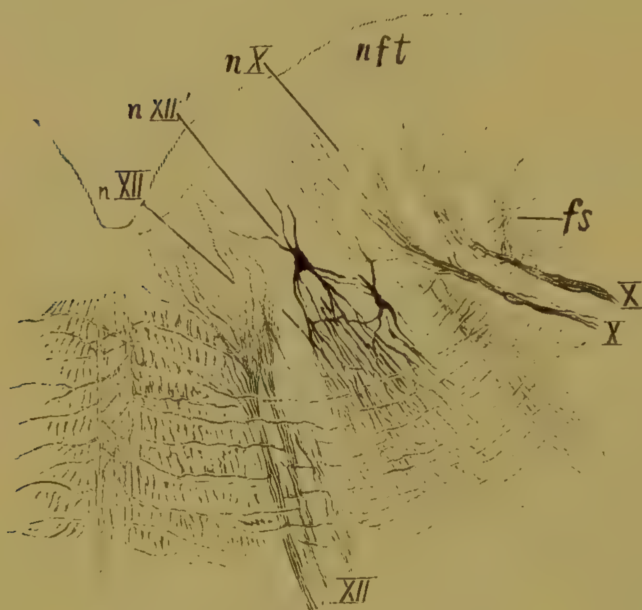



Fig. 129.

Gegend der Vagus- und Hypoglossuswurzeln von einem neugeborenen Kätzchen. *Golgi. XII* Hypoglossuswurzel; *nXII* Hauptkern des Hypoglossus; *nX* Nucleus nervi vagi; *nft* kleinzelliger Vaguskern; *X* Vaguswurzeln; *nXII'* multipolare Zellen in der Nähe des lateralen Teiles des Hypoglossuskerns.

Neben dem proximalen Teile des mächtigen grosszelligen Hypoglossuskernes findet sich dicht an der Austrittsstelle der Wurzeln der

---

*) Die Versuche von *Mingazzini* (Ann. d. freniatria II. 4. 1890) und *Schäffer* (Inaug.-Dissert. Erlangen 1889) haben ergeben, dass nach Ausreissung oder Durchschneidung des Nerv. hypoglossus bei jungen Tieren sich Atrophie in dem gleichseitigen Kerne entwickelt; dabei bleiben die Faserzüge der Formatio reticularis und die Olive unverändert, ebenso erweisen sich die ventral vom Hypoglossuskern verlaufenden Bogenfasern unversehrt, was offenbar dafür zeugt, dass die fraglichen Fasern nicht zu den Wurzeln des Hypoglossus gehören. Zu erwähnen sind hier auch die neuerlichen Untersuchungen von *Staderini*, welcher ebenfalls nicht im Stande war, Kreuzungen von Hypoglossusfasern nachzuweisen.

**) Wurzelfasern des Nerv. hypoglossus sind neuerdings von *Held* zu Zellen der Formatio reticularis verfolgt worden.

kleine Nebenkern von *Duval* und *Koch**) (Fig. 127 und 128 *n XII'*). Dieser Kern soll nach der Behauptung einiger Autoren einen Teil der Hypoglossusfasern aufnehmen, doch liegen für eine solche Annahme keine ausreichenden Beweise vor, ja es sprechen die bisherigen Untersuchungen nach der Degenerations- und Atrophiemethode eher dagegen. Unmittelbar nach dem Abgange der Hypoglossuswurzeln grenzt an den Hauptkern lateral von dem kleinzellige *Roller*sche Nebenkern (Fig. 89 *n XII'*), dessen Zugehörigkeit zu dem Hypoglossus übrigens nach neueren Forschungen fraglich erscheinen muss. Hier ist zu betonen, dass der Nucleus ambiguus in keinerlei Beziehungen zu den Hypoglossuswurzeln steht; ebenso fehlt eine Verbindung des Hypoglossus mit den unteren Oliven. Zweifellos dagegen dringen von der ventralen Seite her zahlreiche Fasern aus der Formatio reticularis in den Hypoglossuskern ein; es sind augenscheinlich Verbindungsbahnen zwischen letzterem und den reflektorischen Centren der ersteren.**) Unter den in die Kerne des Nervus hypoglossus einstrahlenden Fasern sind zu erwähnen Kollateralen der sensorischen Vago-glossopharyngeusbahnen zweiter Ordnung und solche von Bahnen aus der Substantia gelatinosa nervi trigemini. Zahlreiche Kollateralen kommen ferner aus der gemeinschaftlichen centralen Bahn des Trigeminus, Glossopharyngeus und Vagus. Diese Bahn verläuft nach *Ramón y Cajal* in dem dorsalen Mark der Substantia reticularis grisea zwischen den Kernen des Trigeminus, Vagus, Glossopharyngeus und Hypoglossus. Direkte Wurzelkollateralen des Trigeminus, Vagus und Glossopharyngeus zum Hypoglossuskerne sind von *Ramón y Cajal* nicht beobachtet worden.

An *Weigert-Pal*schen Präparaten pflegt ferner ventral von dem Hypoglossuskerne ein Faserzug mit grosser Deutlichkeit hervorzutreten, welcher nach Umbiegung um den Kern in der Raphe zur Kreuzung gelangt (Fig. 128, 130). Ein grosser Teil desselben steht

---

*) Derselbe ist zuerst von *Duval* beschrieben worden. Auf Grundlage eines Falles, in welchem die Sektion vollständige Zerstörung des Hauptkernes und nur teilweise des Nebenkerns des Hypoglossus ergab und wo zu Lebzeiten die Zunge jede willkürliche Bewegung eingebüsst, wohl aber noch an den assoziierten Bewegungen beim Schluckakte sich beteiligt hatte, sahen sich *Duval* und *Raymond* zu der Behauptung veranlasst, dass der Hauptkern des Hypoglossus das spezielle Centrum der artikulierten, der Nebenkern das Centrum der am Schluckakte beteiligten assoziierten Zungenbewegungen darstelle. Diese Hypothese bedarf jedenfalls einer festeren Begründung, um so mehr als bezüglich des Zusammenhanges des *Duval*schen Nebenkernes mit den Hypoglossuswurzeln neuerdings Zweifel aufsteigen.

**) Dicht hinter dem Hauptkern, in dem System der Fibrae propriae nervi hypoglossi von *Koch* (s. unten) findet sich ein besonderer kleinzelliger Kern, den *Staderini* als Nucl. intercalato beschreibt. Den Versuchen von *Djeloff* zufolge wird dieser Kern nach Exstirpation der Hypoglossuswurzeln bei Tieren in seinem unteren Abschnitt teilweise atrophisch gefunden.

mit dem genannten Kern zweifellos ausser jedem Zusammenhang, nur ein kleiner Teil entspringt aus ihm und aus dem nachbarlichen Vago-glossopharyngeuskerne (s. unten). Er stammt vorwiegend aus der Tiefe des lateralen Teiles der Formatio reticularis sowie aus der Gegend des Nucl. ambiguus und sendet seine Fasern gegen die Raphe, woselbst sie sich kreuzen und teils in die benachbarte Formatio reticularis der anderen Seite übergehen, teils zu der Olivenzwischenschicht herab-

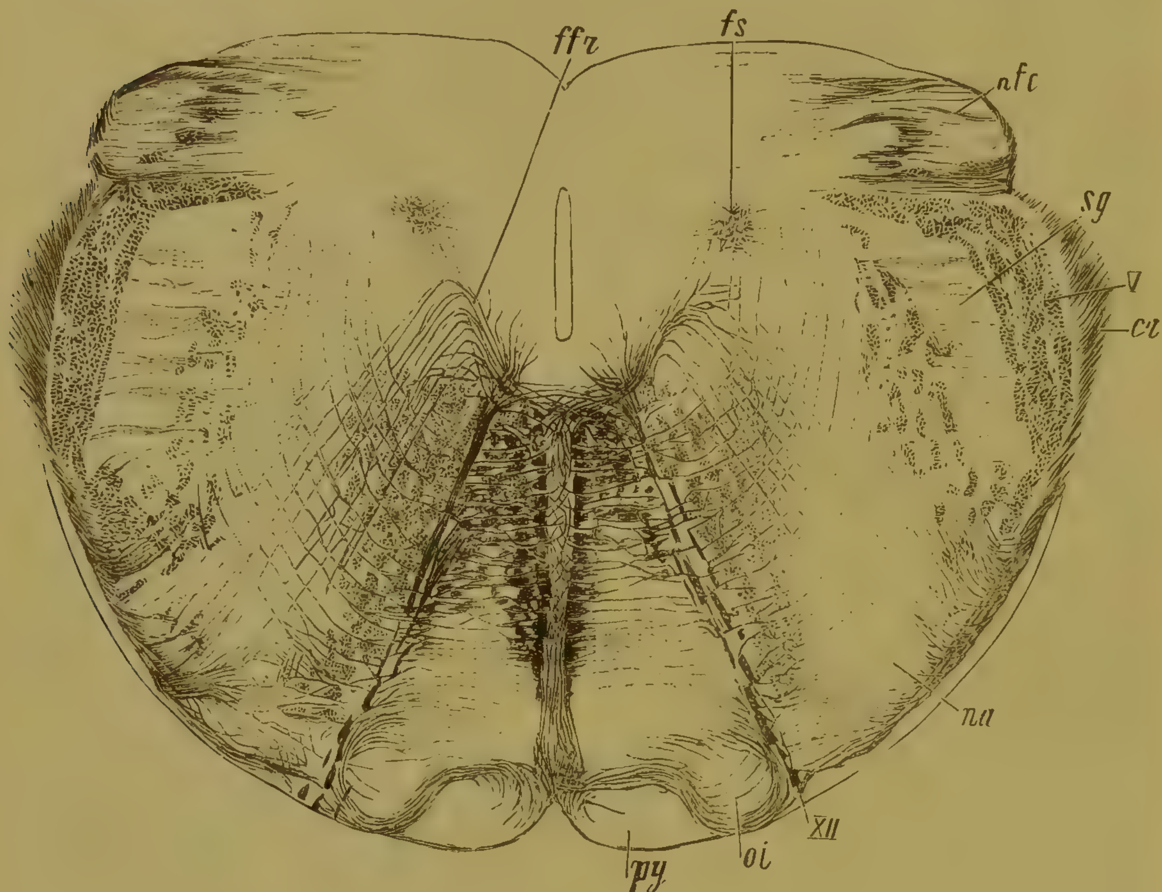



Fig. 130.

Schnitt durch den oberen Teil der Oblongata eines mehrere Wochen alten Hundes. Nach einem Präparat von *N. Shukoff*. *ffr* Faserzüge unterhalb des Hypoglossuskernes, zu der Gegend der Nuclei ambigui sich wendend; *fs* Fasciculus solitarius; *nfc* Nucl. funiculi cuneati; *V* Radix descendens trigemini; *sg* Subst. gelatinosa trigemini; *cr* Corpus restiforme; *na* Gegend des Seitenstrangkernes; *XII* Nerv. hypoglossus; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramide. — *Pal.*

steigen und hier verstreichen. Die in Rede stehenden Fasern verknüpfen somit die reflektorischen Centra der beiderseitigen Formatio reticularis und insbesondere den Nucl. funiculi anterioris (s. respiratorius) mit den Nuclei ambigui, dienen aber auch zur Verbindung der Hypoglossus- und Glossopharyngeuskerne mit höher geegenen Teilen durch Vermittelung der Olivenzwischenschicht.

Die vorerwähnten grossen multipolaren Nervenzellen an dem lateralen Teile des Hypoglossuskerns (Fig. 129 *n XII'*) schicken ihre Dendriten, wie *Golgi*-Präparate zeigen, tief in die Formatio reticularis

hinein, wo sie augenscheinlich zu den hier vorhandenen Neuriten-Verästelungen mannigfache Beziehungen gewinnen.

Von dem spinalen Abschnitt des Nervus accessorius und von dem Ursprunge seiner Wurzeln im Halsmarke ist bei der Darstellung der Hinterwurzelfasern alles wesentliche hervorgehoben worden. Der zweite — cerebrale — Abschnitt dieses Nerven entspringt aus dem unteren Teil des verlängerten Markes in der Nachbarschaft des Vagus: Accessorius vagi. Er stimmt bezüglich des Ursprunges seiner Fasern in allen Stücken mit dem Vagus überein, ist auch von letzterem äusserlich kaum abgrenzbar. Da er ferner nur auf einer kurzen Strecke mit dem Stamme des Accessorius verläuft, in der Folge aber gänzlich mit dem Vagus zusammenfliesst, so erscheint es richtiger, nur das spinale Stück zu dem Accessorius zu rechnen, den Accessorius vagi aber dem N. vagus zuzuteilen.

Der Nervus vagus dringt in den seitlichen Abschnitt des verlängerten Markes ein und endigt hier mit einem Teile seiner Fasern in dem hinteren bezw. dorsalen Kern (Fig. 128 und 129 $n X$) dorsolateral von dem oberen Stück des Hypoglossuskerns.*) In die Oblongata eintretend strebt ein grosser Teil des Vagus diesem Kerne zu, jedoch dringen die in ihrem peripheren Ganglion entstehenden Fasern nicht alle in ihn hinein, sondern begeben sich zum Teil an ihm vorbei längs dem ventralen Rande des Hypoglossuskerns über die Raphe hinweg auf die andere Seite, wo sie in der Mitte des lateralen Abschnittes der Formatio reticularis wahrscheinlich den grosszelligen Nucleus ambiguus erreichen. Diese von mir bereits vor Jahren angenommene Verbindung wird gegenwärtig durch Degenerationsversuche und durch Befunde an *Golgi*schen Präparaten von Embryonen weiter bestätigt. Ebenso kann der Zusammenhang des Vagus mit dem gleichseitigen Nucleus ambiguus meines Erachtens als unanfechtbare Thatsache gelten. Auch ist man veranlasst, den Nervus vagus mit dem Seitenstrangkern in Beziehung zu setzen.

Der Nucleus ambiguus beginnt nach *Grabower***) in einer Gegend der Medulla oblongata aufzutauchen, wo die untere Olive nebst der vorderen und lateralen Nebenolive sich bereits vollständig entfaltet haben. Den Höhepunkt seiner Entwickelung erreicht er in der Ebene

---

*) Bei den meisten Fischen weist dieser Kern eine besondere Entwickelung auf, da hier ein Ast des Vagus, der Nervus lateralis, eine Reihe eigenartiger, an der Seite des Körpers bis zum Schwanzende sich ausbreitender sensibler Organe zu innervieren hat.

**) Diesem Autor ist der Nachweis gelungen, dass die Innervation der Kehlkopfmuskeln nicht vom Accessorius, sondern vom Vagus und zwar höchstwahrscheinlich von dessen motorischem Kern (Nucl. ambiguus) besorgt wird.

des Nucl. acustici anterior, enthält alles in allem 20—30 Nervenzellen und erscheint proximalwärts durch den Facialiskern fortgesetzt.

Die den Vagus mit dem Nucl. ambiguus verknüpfenden Faserzüge verlaufen in Gesellschaft der übrigen Fasern dieses Nerven bis zu dem grauen Boden der Rautengrube und wenden sich von hier steil ventralwärts dem Nucl. ambiguus zu. Andere solche Fasern ziehen in dem dorsalen Felde der Formatio reticularis zur Raphe und erreichen den Nucl. ambiguus der anderen Seite.*) Aus der Vagoglossopharyngeuswurzel nach hinten-aussen gerichtete und in den hinteren Teil der absteigenden Quintuswurzel übergehende Fasern werden von *Ramón y Cajal* beschrieben.**)

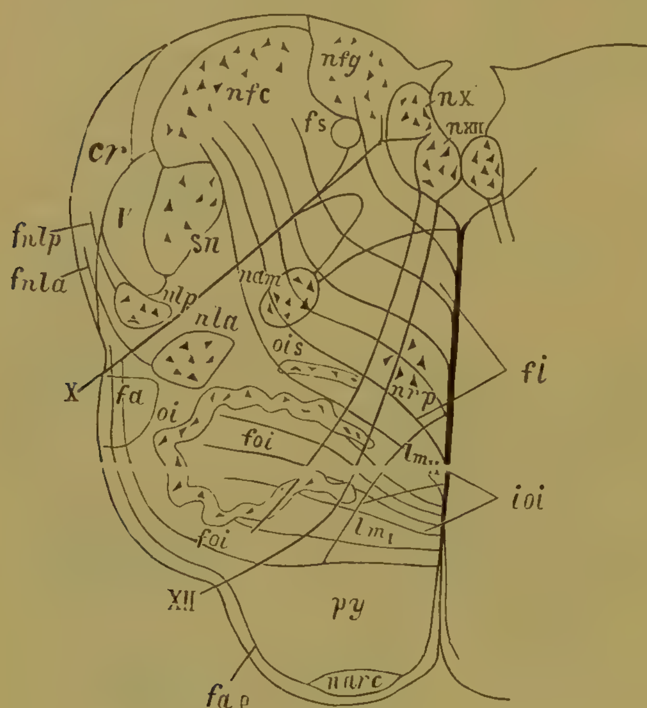



Fig. 131.

Die Wurzeln des Vagus und Hypoglossus und die Olivenzwischenschicht. Schema. *X* Wurzel des Nerv. vagus; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *nX* Nucleus nervi vagi; *nXII* Nucleus nervi hypoglossi; *fs* Fasciculus solitarius; *nam* Nucleus ambiguus; *nla* vorderer Seitenstrangkern; *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fnla, fnlp* Fasern aus den Seitenstrangkernen zum Corpus restiforme; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *cr* Corpus restiforme; *nfc* Nucl. funiculi cuneati; *nfg* Rest des Nucl. gracilis; *oi* Oliva inferior; *ois* obere Nebenolive; *nrp* Nucl. funiculi anterioris; *py* Pyramide; *ioi* Olivenzwischenschicht; $lm_I$ Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem kontralateralen Keilstrangkerne, weiter oben den lateralen Abschnitt der Hauptschleife darstellend; $lm_{II}$ Faserzüge der Olivenzwischenschicht aus dem kontralateralen Nucl. funiculi gracilis, weiter oben den medialen Abschnitt der Hauptschleife bildend; *narc* Nucl. arciformis; *fac* Fibrae arcuatae externae, hervorgegangen aus dem Nucl. funic. gracilis entstammenden Fasern der oberen Kreuzung; *fi* Fibrae arcuatae internae; *fa* Lage des aus dem hinteren Teil des Seitenstranggrundbündels kommenden aberrierenden Bündels der Medulla oblongata; *foi* Faserzüge aus der Olive zum Corpus restiforme.

*) Der Zusammenhang des Vagus mit dem Nucl. ambiguus wird von *Mayser* und neuerdings auch von *Koch* (Nord. Med. Ark. XXII, 1889) in Abrede gestellt, wie mir aber scheint, durchaus mit Unrecht. Die Betrachtung foetaler Hirne beseitigt jeden Zweifel an der Existenz der fraglichen Verbindung. Zudem ist von *Gudden* nach Ausreissung des Vagus an neugeborenen Tieren Atrophie des gleichseitigen Nucl. ambiguus gesehen worden (*Forel*, Über die Verhältnisse der experim. Atrophie etc. Zürich 1891, Sep.-Abdr., S. 11), was von *Ossipoff* nach Versuchen in meinem Laboratorium bestätigt wird.

**) Gemäss den neueren Berichten *Ramóns* entsteht die motorische Wurzel des Vagoglossopharyngeus nicht ausschliesslich in dem Nucl. ambiguus, vielmehr finden sich Ursprungszellen dieser Wurzel noch weiter distalwärts bis zu der Gegend des Hypoglossuskerns und nach innen von der absteigenden Kleinhirnbahn der Substantia reticularis grisea. Auch bestätigt dieser Autor den Zusammenhang der motorischen Wurzel mit dem beiderseitigen Nucl. ambiguus. Die hierauf bezüglichen gegenteiligen Ergebnisse *Kljatschkins* (s. dessen Dissertation, Kasan 1897)

Weiterhin ist man genötigt, den Nervus vagus mit einer schon von der älteren Anatomie als Endstätte diese Nerven hervorgehobenen Gegend in Verbindung zu bringen, welche unter dem Boden des IV. Ventrikels lateral von dem dorsalen Kern sich findet und als Ala cinerea allgemein bekannt ist (Fig. 118 *nft*). In der That erschien diese Gegend nach Exstirpation des Vagus bei neugeborenen Tieren, zufolge den in meinem Laboratorium ausgeführten Versuchen von stud. med. *Ossipoff*, jedesmal auffallend atrophisch (s. unten). An embryonalen Hirnen ist zudem der Eintritt eines Teiles der Vaguswurzeln in die Ala cinerea unmittelbar zu beobachten. — Eine gewisse Anzahl Vagusfasern endlich schliesst sich dem sogenannten Fasciculus solitarius des verlängerten Markes an und verläuft mit Glossopharyngeusfasern vergesellschaftet in absteigender Richtung. An foetalen Gehirnen finde ich die Vagusfasern des Fascic. solitarius etwas früher markbekleidet, als die Glossopharyngeusfasern. Gleichzeitig werden von ersteren überall Kollateralen abgegeben, welche nach ihrem Austritte aus dem Fasc. solitarius als Bogenfasern zur Raphe hin verlaufen. Da die erwähnten Bogenfasern die Raphe etwa in der Höhe der Vorderstrangkerne bezw. der Nuclei respiratorii überschreiten, so darf man, obwohl es hier zunächst noch an positiven Belegen fehlt, der Ansicht sein, dass sie nach ihrer Kreuzung in der Raphe alsbald in diesen Kern eindringen.*) So kommt es, dass der Fasciculus solitarius in caudaler Richtung nach und nach an Umfang einbüsst.

Von dem Fasciculus solitarius muss bemerkt werden, dass er nicht nur Vagusfasern, sondern auch Elemente des Glossopharyngeus beherbergt.**) In der Höhe der Wurzeln des letzteren taucht er mit

---

scheinen mir durch Mängel der *Marchi*schen Methode, mit welcher dieser Autor gearbeitet, bedingt zu sein.

*) *Dees* beobachtete nach Vagusdurchschneidung bei neugeborenen Kaninchen vollständigen Zellschwund im dorsalen und ventralen (Nucl. ambiguus) Kern des Nerven, verbunden mit beträchtlicher Atrophie in dem Fasciculus solitarius. Da bei diesem Versuche sämtliche sensitiven Vagusfasern, der Romus auricularis und laryngeus nebst dem Nerv. glossopharyngeus unversehrt geblieben waren, so können die aus dem dorsalen Vaguskerne entspringenden Fasern nicht als sensible Elemente gelten (*Dees*). Gleichzeitig mit dem Vagus hatte der genannte Autor den die Kehlkopfmuskulatur versorgenden N. laryngeus inferior durchschnitten, und da sich in der Folge die Kerne des Nerv. accessorius normal erwiesen, so folgert er, dass die Kehlkopfmuskeln von dem ventralen bzw. vorderen Vaguskern (Nucl. ambiguus) aus innerviert werden. — Ferner sah *Forel* nach Vagusdurchschneidung bei Tieren Atrophin eines am Vorderrande des Nucl. hypoglossi vorhandenen Kerns, welchen *Forel* als motorischen Vaguskern anzusprechen geneigt ist. Beiläufig äussert dieser Autor unbegründete Zweifel an den Beziehungen des Nucl. ambiguus zum Vagus.

**) Von beiden Nerven gelangen zu dem Fasc. solitarius teils unmittelbare Wurzelfasern, teils absteigende Äste solcher.

seinem oberen Ende zuerst auf und liegt hierbei in dem dorsolateralen Abschnitt der Formatio reticularis; abwärts rückt er immer mehr nach innen und verschwindet schliesslich in der Gegend des oberen Halsmarkes in der dem Centralkanale benachbarten grauen Substanz hart an einer Zellgruppe, welche den erwähnten dorsalen Kern in absteigender Richtung fortsetzt und von Einigen als Ganglion commissurale bezeichnet wird. Das ovale, etwas gebogene, zwischen Ependym und den äusseren Fasern der hinteren Kommissur eingelagerte Ganglion besteht aus kleinen spindelförmigen, ovalen oder dreieckigen Zellen mit zarten glatten Dendriten. Es nimmt nach *Ramón y Cajal* $^{3}/_{4}$ der Fasern des Fasciculus solitarius auf. Ein kleinerer Teil desselben steigt als longitudinaler Strang herab und endigt etwas abwärts von der Pyramidenkreuzung in der grauen Substanz an dem medialen Abschnitt der Hinterhornbasis resp. der Substantia gelatinosa trigemini. Zweifellos ist, dass zum mindesten einige Fasern des solitären Bündels zu Nervenzellen der es begleitenden gelatinösen Substanz in Beziehungen treten*) (Fig. 135). Die noch jetzt von vielen Autoren geteilte Ansicht *Krause*s, der Fasciculus solitarius erreiche abwärts die Höhe der Wurzeln des VIII. Cervikalnerven, entspricht in keiner Weise den Thatsachen; dies lehrt unzweifelhaft die Untersuchung von Embryonen, wo das in Rede stehende Bündel inmitten einer marklosen Umgebung bereits myelinhaltig angetroffen wird.

Während ihres Verlaufes geben die Fasern des Fasciculus solitarius in gewissen Abständen Kollateralen und Endverästelungen solcher an die Substantia gelatinosa trigemini ab. Ob dieses Verhalten den in dem Fasc. solitarius eingeschlossenen Vagusfasern oder nur den hier durchtretenden Elementen des Glossopharyngeus eigentümlich ist, kann mit Sicherheit nicht entschieden werden.**)

Der Übertritt einer Anzahl von Vagusfasern in das solitäre Bündel darf als zweifellose Thatsache angesehen werden, trotzdem dass einige Autoren es mit *Roller* für unwahrscheinlich erklären, dass dasselbe ausser der aufsteigenden Wurzel des Glossopharyngeus auch noch Vaguselemente beherberge. Präparate von Embryonen gewähren in dieser Beziehung so überzeugende Bilder, dass die fragliche Angelegenheit m. E. als endgültig erledigt gelten muss.

Sämtliche vorstehend dargelegte Verhältnisse können weiterhin

*) Ventral von der gelatinösen Substanz findet sich eine kleine Anzahl grösserer Nervenzellen, wie solche auch in der gelatinösen Substanz selbst hier und da vorkommen. Ob sie mit dem Fasc. solitarius in Beziehungen stehen, vermag ich nicht mit Sicherheit festzustellen.

**) Ausser Vagus- und Glossopharyngeusfasern sollen in dem Fasciculus solitarius noch andere Faserzüge verlaufen; rücksichtlich dieser letzteren gehen aber die Ansichten weit auseinander.

gestützt werden durch die Ergebnisse von Untersuchungen mittelst der Atrophiemethode, deren es bezüglich der centralen Vagusendigungen mehrere giebt und von welchen ich nur diejenigen von *v. Gudden*, *Forel*, *Mayser*, *Dees* und *Ossipoff* zu nennen brauche.

*Mayser**) fand nach Ausreissung des Vagus nebst dem Ganglion desselben und angeblich auch mitsamt dem Glossopharyngeus Atrophie des centralen (wahrscheinlich des dorsalen) Vaguskernes, Atrophie des Fasciculus solitarius, partielle Atrophie eines besonderen lateralwärts gelegenen (in der Figur mit x bezeichneten) Kerns, und Schrumpfung der Substantia gelatinosa. Der Nucl. ambiguus erschien beiderseits normal. *v. Gudden* hingegen sah auch den Nucl. ambiguus und zwar auf der Seite der Vagusausreissung atrophisch.**) *Dees* konstatierte am Kaninchen bei Durchschneidung des N. vagus unter Schonung des Glossopharyngeus, des Ram. auricularis und laryngeus superior vagi, wie schon erwähnt, komplete Atrophie des dorsalen Kerns, Atrophie im Nucl. ambiguus und teilweise Atrophie der aufsteigenden Wurzel bezw. des Fasciculus solitarius.***)

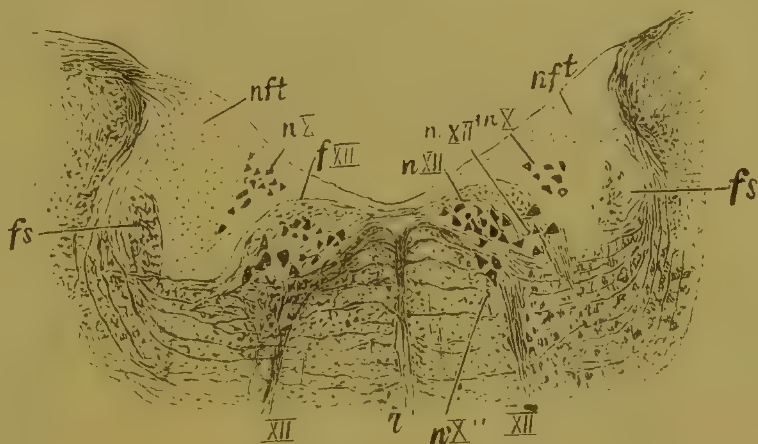



Fig. 132.

Gegend der Hypoglossus- und Vaguskerne eines neugeborenen Hundes nach Entfernung eines Stückes vom rechten Vagus (nach einem Präparate von *Ossipoff*). *XII* Wurzeln des Hypoglossus; *fXII* Assoziationsfasern des Hypoglossus, dorsal vom Hypoglossuskerne verlaufend; *nX* Nucleus nervi vagi; *nft* kleinzelliger Vaguskern; *fs* Fasciculus solitarius; *nXII* Hauptkern des Hypoglossus; *nXII'* Nervenzellen am lateralen Rande des Hypoglossuskernes; *nXII''* ventraler Teil des Hypoglossuskernes; *r* Raphe. Infolge der erwähnten Operation sind *fs*, *nft* und *nX* rechts atrophisch. — Karminpräparat.

Gelegentlich einer Beurteilung der auf den Vagus und Glossopharyngeus bezüglichen Ergebnisse *Maysers*, *v. Guddens* und Anderer kommt *Forel* zu folgenden Schlusssätzen: 1) Die sensorischen Fasern des Vagus und Glossopharyngeus kommen aus dem sogenannten Fasc. solitarius her und scheinen zwischen den Zellen der angrenzenden gelatinösen Substanz zu endigen,

*) *Forel* a. a. O.

**) Atrophieversuche aus dem Münchener Laboratorium widerlegen den Zusammenhang dieses Kerns mit der Hypoglossuswurzel (*Forel*, Über das Verhältnis der experimentellen Atrophie- und Degenerationsmethode zur Anatomie und Histologie des Centralnervensystems. Sep.-Abdr. aus der Festschrift zur Feier des Doktor-Jubiläums d. H. *K. W. v. Naegeli* und *A. v. Kölliker*. Zürich, 1891).

***) Unten wird dargethan, dass der sog. Fasc. solitarius zu einem Teile aus absteigenden Elementen der Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln aufgebaut ist.

ohne sich übrigens mit letzteren zu verbinden, da ihr wahrer Ursprung auf peripherische Ganglien zurückgeht. 2) Die motorischen Bestandteile des Vagus und Glossopharyngeus entwickeln sich als Neuriten aus den Zellen eines Kernes, welcher an der dorsalen Seite des Nucl. hypoglossi seine Lage hat. 3) Beide Wurzeln nebst dem Kern liegen auf der dem Nerv entsprechenden Seite, Kreuzungen der Fasern sind demnach nicht vorhanden. Indessen bemerkt *Forel*, dass durch spätere Untersuchungen möglicherweise Beziehungen jener Nerven zu dem Nucl. ambiguus und zum *Mayser*schen Kern nachgewiesen werden könnten.

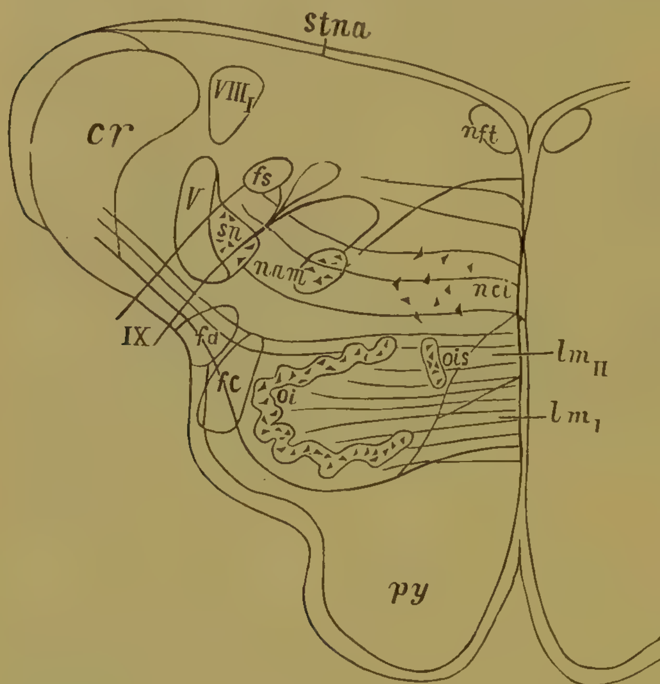



Fig. 133.

Schema der Wurzeln des IX. Gehirnnerven. *cr* Corpus restiforme; *$VIII_I$* Radix ascendens acustici; *nft* Nucl. funiculi teretis; *IX* Wurzeln des Glossopharyngeus; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *fs* Fasciculus solitarius; *fa* Lage des aberrierenden Bündels der Oblongata. Einwärts von *fs* ist ein besonderer auf S. 158*) beschriebener Kern angedeutet.

Endlich führten Versuche an jungen Hunden und Katzen mit Excision eines Stückes vom Halsteile des Vagus, welche von stud. med. *Ossipoff* in meinem Laboratorium angestellt wurden, zu dem Ergebnis, dass nach dem genannten Eingriff auffallende Atrophie des dorsalen Kerns, Atrophie der als Ala cinerea bezeichneten Gegend, starke Atrophie im Fasciculus solitarius und merkliche, wenn auch weniger auffallende in dem entsprechenden Nucl. ambiguus zur Entwickelung gelangt (Fig. 132). Diese Versuche bringen somit eine Bestätigung der bisherigen Thatsachen, zwingen aber ausserdem zu der Annahme, dass die Ala cinerea zu den Kernen des Nervus vagus gehöre. Es wäre zu dem obigen Befunde noch nachzutragen, dass auf der Seite des Eingriffes auch der Kern des Hypoglossus etwas atrophisch erschien (Fig. 132 *n XII*), was auf Beziehungen zwischen ihm und den Wurzeln des Vago-glossopharyngeus hindeutet; gleichzeitig liessen die in Rede stehenden Versuche bei Anwendung der Methode von *Marchi* erkennen, dass dorsale Bogenfasern des medialen Feldes der Formatio reticularis von der Degeneration in Mitleidenschaft gezogen waren.

Der Nervus glossopharyngeus entspringt gleich dem Vagus

aus den bipolaren Zellen seines peripheren Ganglions. Die zu den Papillae circumvallatae der hinteren Zungengegend gelangenden peripheren sensorischen Fasern desselben endigen, wie gegenwärtig dank der Einführung der vitalen Methylenblaufärbung nicht mehr zweifelhaft sein kann, mittelst freier Verästelungen in den sogenannten Geschmacksknospen. Die letzten Endigungen gehen jedoch nicht, wie früher angenommen wurde, in die centralen Fortsätze der axialen oder Geschmackszellen über, sondern dringen zwischen letztere hinein, um ihnen in ganzer Ausdehnung dicht anzuliegen und in der Gegend des Geschmacksporus zu endigen (*K. Arnstein* u. A.).

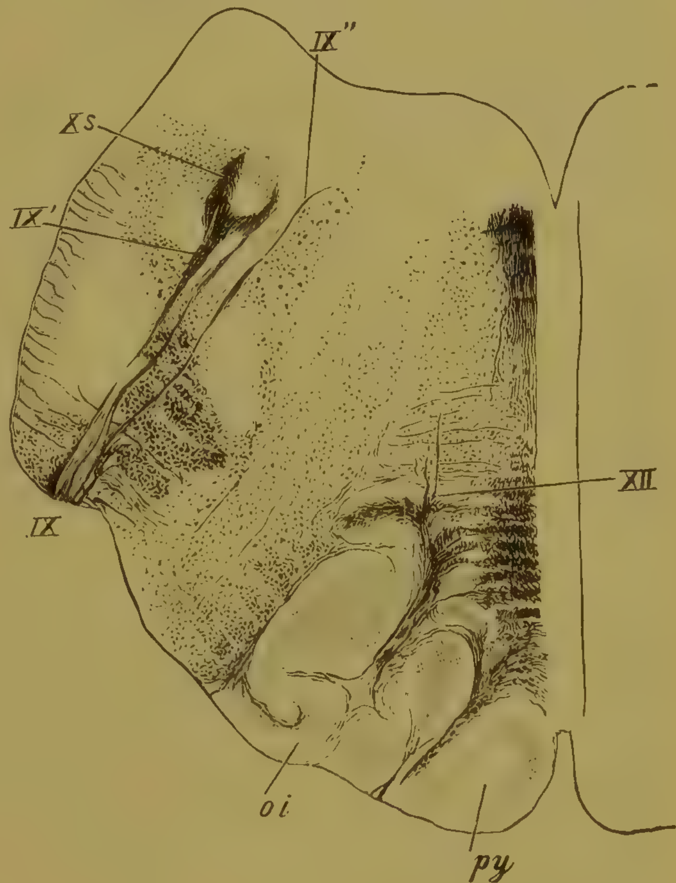



Fig. 134.

*IX*, *XII* Wurzeln des Glossopharyngeus und Hypoglossus; *IX'* Glossopharyngeuswurzel zum Fasc. solitarius; *XII'* Motorische Wurzel des Glossopharyngeus; *oi* untere Olive; *py* Pyramide.

Über die centrale Endigung des Nerv. glossopharyngeus handeln zahlreiche Untersuchungen, so diejenigen von *Edinger*, *Obersteiner*, *v. Kölliker*, *Mendel*, *Pierret*, *Roller*, *Gierke* u. a. Nichtsdestoweniger harren in dieser Beziehung noch viele Fragen ihrer definitiven Erledigung; ich gehe daher bei der folgenden Darstellung im wesentlichen von meinen eigenen bezüglichen Untersuchungen aus und will nur in einzelnen Punkten, wo mir selbständige Erfahrungen nicht zur Seite stehen, Litteraturangaben heranziehen.

Im ganzen verhält sich der Glossopharyngeus bezüglich seiner centralen Endigungen ähnlich dem Vagus. Denn er steht wie dieser in Verkehr teils mit seinem unter dem Ventrikelboden dorso-lateral vom Nucl. hypoglossi gelegenen dorsalen Kern (Fig. 132 *n X*), teils mit der Ala cinerea, teils mit dem Nucl. ambiguus beider Seiten, teils endlich ist er Bestandteil des Fasciculus solitarius. Die graue Substanz des Fascic. solitarius lässt sich noch eine kurze Strecke aufwärts von der Austrittsstelle der Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln verfolgen und dient hier nach *v. Kölliker* den Fasern des

Nervus Wrisbergii zum Ursprung, welche auf der Bahn der Chorda tympani zum Nerv. lingualis gelangen; es würde sich aber empfehlen, diesen Satz an der Hand der Atrophiemethode näher zu prüfen.*)

Für zweifellos darf ferner der Zusammenhang des Glossopharyngeus mit dem Nucl. ambiguus gelten, obwohl in diesem Punkte eine völlige Einigung noch nicht erzielt ist. Ein Teil des Glossopharyngeus endlich tritt mit Elementen des Vagus in den Fasciculus solitarius ein und wird zu einem Bestandteil dieses Faserzuges (Fig. 133 *fs*, Fig. 120 *IX'*); die betreffenden Fasern erreichen den oberen Rand der Pyramidenkreuzung und verschwinden unter dem Calamus scriptorius einwärts von den Faserzügen der oberen Kreuzung in den vorerwähnten dem Centralkanale benachbarten Zellgruppen des Ganglion commissurale (Fig. 135).

In die den Centralkanal umgebende graue Substanz hinein habe ich den Fasc. solitarius sowohl an *Weigert*schen Präparaten von menschlichen Embryonen, als auch an *Golgi*-Präparaten des embryonalen Gehirns (Fig. 135) zu verfolgen Gelegenheit gehabt; in beiden Fällen treten die Faserzüge desselben in ganzer Ausdehnung mit ungemeiner Schärfe hervor und gewähren daher einen genauen Einblick in die Verhältnisse ihres Endverlaufes.

Die den Fasciculus solitarius begleitende graue Substanz bildet den sensorischen Kern des Glossopharyngeus. Sie stellt im Grunde nichts anderes vor als mit kleinen Nervenzellen untermischte gelatinöse Substanz, welche sich hier von der Substantia gelatinosa centralis abgelöst hat, und steht zu dem Glossopharyngeus augenscheinlich in dem nämlichen Verhältnis, wie die gelatinöse Substanz des Hinterhornes und der aufsteigenden Trigeminuswurzel zu den Rückenmarkswurzeln bezw. zum Nerv. trigeminus.**) An der Hand der *Golgi*schen Methode gewinnt man die Überzeugung, dass die Fasern des Glossopharyngeus sowohl in der gelatinösen Substanz, als auch in dem dorsalen Kern

---

*) An meinen Präparaten finde ich in der Ebene der Glossopharyngeuswurzeln lateral von den oberen Abschnitten des Hypoglossuskerns und einwärts von dem Fasciculus solitarius einen kleinen ziemlich scharf abgegrenzten Kern (Fig. 133), welcher indessen zu dem Glossopharyngeus keine besonderen Beziehungen zu haben scheint. Er entspricht möglicherweise jenem Kerne, welchen *Mayser* nach Ausreissung des Vagus und Glossopharyngeus atrophieren sah (Fig. 6 bei *Forel*, Über das Verhältnis der exper. Atrophie etc. Sep.-Abdr. München, 1891).

**) In letzterer Zeit ist von *Bettiger* (Inaug.-Dissert. 1889, und Arch. f. Psych. XXII, 1889) die Ansicht aufgestellt worden, ein Teil des Fascic. solitarius steige hirnwärts höher empor, als die Wurzeln des Glossopharyngeus und geselle sich zu der aufsteigenden Acusticuswurzel. Aufwärts sendet dieses Stück des solitären Bündels, welches nur einem der vier Quadranten des letzteren entspricht und aus ungemein feinen Elementen besteht, zahlreiche Fasern zu der aufsteigenden sensorischen Trigeminuswurzel.

mittelst pinselförmiger Verästelungen, wie in sensiblen Kernen, endigen, während der Nucl. ambiguus seine Neuraxonen in die Wurzeln des Glossopharyngeus hineinschickt und somit als motorischer Kern dieses Nerven erscheint.*)

Von *Ramón y Cajal* sind Faserzüge aus der motorischen Wurzel des Glossopharyngeus dorsalwärts bis in die spinale Trigeminuswurzel hinein verfolgt worden. Das Vorkommen von Beziehungen zwischen Glossopharyngeus und Substantia gelatinosa trigemini ist letzthin in

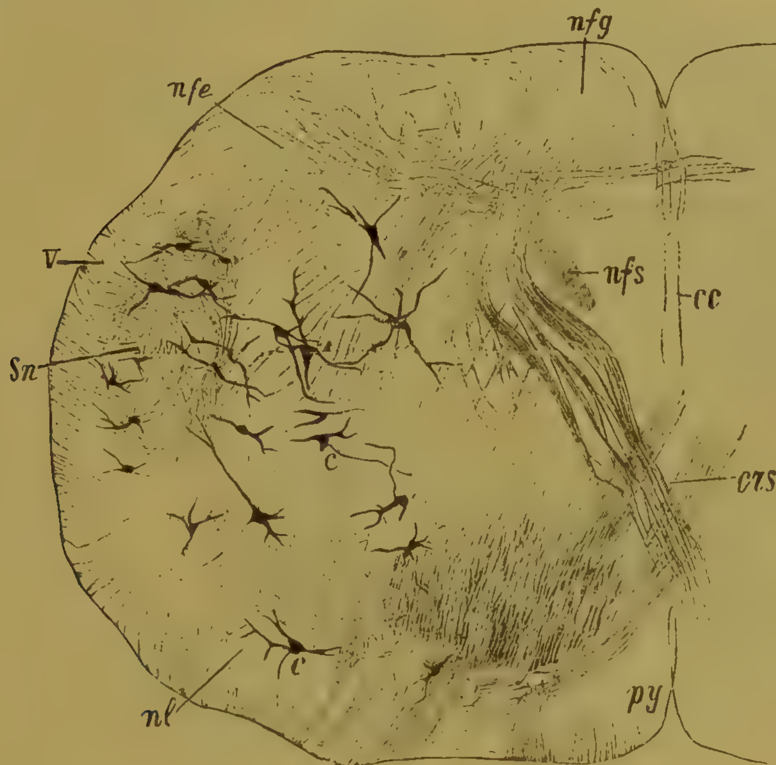



Fig. 135.

Medulla oblongata in der Gegend der oberen Kreuzung. Von einem neugeborenen Kätzchen. *Golgi.* Nach Präparaten von *F. Teljatnik*. *py* Pyramide; *nl* Gegend des Seitenstrangkerns: *sn* Substantia gelatinosa nervi trigemini; *V* Radix ascendens nervi trigemini; *nfc* (auf der Figur fälschlich *nfe*) Gegend des *Burdach*schen Kernes; *nfg* Gegend des *Goll*schen Kernes; *nfs* Anfangsteil des Fasciculus solitarius; *crs* obere Kreuzung; *cc* Centralkanal. — Die Nervenzellen der Formatio reticularis helfen die sog. Substantia reticularis grisea bilden.

meinem Laboratorium von *F. Teljatnik* durch Atrophieversuche bestätigt worden.

Die bezüglichen experimentellen Untersuchungen von *O. Dees***) haben zu folgenden Ergebnissen geführt: 1) Die aus dem (dorsalen?) Hauptkern des Vagoglossopharyngeus hervorgehenden Faserzüge sind keinesfalls sensibler Natur. 2) Der ventrale Kern des Vagoglosso-

**) Neuerdings stellt *Kljatschkin* den Zusammenhang der Glossopharyngeuswurzeln mit dem Nucleus ambiguus in Frage, doch beruht diese Ansicht wie schon erwähnt auf Mängeln der benutzten Untersuchungsmethode.

**) Arch. f. Psychiatrie Bd. XX.

pharyngeus (Nucl. ambiguus) bildet das nächste Centrum für die Kehlkopfmuskulatur. 3) Der Fasciculus solitarius kann als aufsteigende sensible Wurzel des Vagus und Glossopharyngeus betrachtet werden. 4) Es giebt keine Wurzelfasern aus der Raphe.

Endlich liegen aus meinem Institute Atrophieversuche an jungen Hunden und Kaninchen von *F. Teljatnik* vor, welche dargethan haben, dass zu diesem Nerv in nächster Beziehung stehen: sein dorsaler Kern nebst der Ala cinerea, der Fasc. solitarius mit seiner gelatinösen Sub-




Fig. 136.

Von einen sechsmonatigen menschlichen Embryo. *Weigert. VIIIc* Ramus cochlearis der Acusticuswurzel, fast völlig marklos; *VIIIv* Ramus vestibularis acustici, bereits myelinhaltig (nach innen von dessen centralem Ende sieht man den dreieckigen Durchschnitt der absteigenden Acusticuswurzel); *V* aufsteigende (bezw. absteigende) Trigeminuswurzel; *nVII* Facialiskern; *oi* oberer Teil der grossen Olive; *nd* Nucleus dentatus.

stanz und der Nucl. ambiguus. Der dorsale Kern und die gelatinöse Substanz müssen als sensible Kerne gelten, einmal weil sie nach Durchtrennung des sensiblen Astes atrophieren und zweitens, weil die Fasern des Glossopharyngeus *Golgi*schen Präparaten zufolge hier pinselförmige Endramifikationen entwickeln. Dahingegen erscheinen der Nucl. ambiguus und der Seitenstrangkern als motorische Glossopharyngeuskerne, da sie ihre Neuriten in die Wurzel des letzteren abgeben. Der Fasc. solitarius enthält absteigende sensorische Fasern der Nerven. Versuche mit Neurektomie weisen ferner hin auf Verbindungen des Glossopharyngeus mit dem Nucl. intercolato *Staderini*, mit dem *Roller*-

schen und *Duval*schen Kern, mit dem Hypoglossuskern, mit dem Kern des Facialis und mit der gelatinösen Substanz der aufsteigenden Trigeminuswurzel, also mit einer ganzen Reihe von Kernen, die bei der Funktion der Nahrungsaufnahme beteiligt sind. Nach dem genannten Autor endigt die Mehrzahl der Glossopharyngeusfasern in den Kernen der entsprechenden Seite, ein Teil aber kreuzt und gelangt zu den kontralateralen Kernen.*)

Der Nervus acusticus setzt sich im wesentlichen aus zwei Bestandteilen zusammen, einem Ramus cochlearis und einem Ramus vestibularis. Beide Äste verlaufen vor ihrem Eintritt in das Gehirn als einheitlicher Strang, ohne indessen dabei miteinander völlig zu verschmelzen, weichen innerhalb der Gehirnmasse auseinander und erscheinen schliesslich als zwei getrennte Wurzeln, welche meinen Ermittelungen zufolge nicht ganz gleichzeitig zur Entwickelung gelangen. 1) Die laterale oder hintere Wurzel ist die entwickelungsgeschichtlich jüngere; sie geht durch das Ganglion cochleare, biegt von aussen um das Corpus restiforme und entspricht, wie ich an der Hand der entwickelungsgeschichtlichen Methode zuerst nachgewiesen, dem Ramus cochlearis des Gehörnerven (Fig. 136 *VIIIc*). 2) Etwas früher ummarkt sich die mediale oder vordere Wurzel; sie dringt medial von dem Corpus restiforme in die Hirnmasse ein und entspricht dem Ramus vestibularis des Acusticus (Fig. 136 *VIIIv*).**)




Fig. 137.
Endverästelung absteigender Fasern der Acusticusbahn (*f, f, f*) in der Umgebung einer Nervenzelle des Tub. acusticum.

---

*) Nach Exstirpation der Glandula submandibularis entwickelt sich Zellatrophie dorsal von der Substantia gelatinosa der aufsteigenden Trigeminuswurzel (*Teljatnik*). Dies weist darauf hin, dass die sekretorischen Fasern ganz selbständige Endigungen im verlängerten Mark besitzen. — Hier sei noch bemerkt, dass Durchschneidung des Vagus keine Atrophie im Fasc. solitarius erzeugte und dass somit die von einigen Autoren angenommenen Beziehungen des letzteren zur Atmung hinfällig erscheinen.

**) In Beziehung auf die peripheren Endigungen des Acusticus kommen neuere Untersuchungen von *Retzius*, *van Gehuchten*, *Ramón y Cajal* und *v. Lenhossék* zu

Ein Teil der lateralen Wurzel endigt in dem sogenannten Nucleus anterior *Meynert* (Nucl. lateralis, Nucl. accessorius) und in dem Tuberculum acusticum mit pinsel- oder baumförmigen Verästelungen in der Umgebung der dort vorhandenen Nervenzellen. Ein anderer Teil geht direkt in Fasern des Corpus trapezoides über, um entweder

Fig. 138.

Schnitt durch das Gehirn eines neunmonatigen menschlichen Foetus in der Gegend der Acusticuswurzeln. *n VII* Nucl. nervi facialis; *V* Radix descendens trigemini; *VIII'* Wurzelfasern des Acusticus, teils zum Tuberculum acusticum emporsteigend, teils in die Striae acusticae *Monakow* übergehend; *VIIId* Radix descendens des vorderen Acusticusastes; *naa* Nucl. anterior acustici; *VIIIc* Ramus cochlearis der Acusticuswurzel (hintere Wurzel); *VIII''* Wurzelfasern des Acusticus, direkt in das Corpus trapezoideum übergehend zur Verbindung mit den beiderseitigen Oberoliven; *VII* ein Teil der Facialiswurzel; *os* obere Olive; *VI* ein Teil der Abducenswurzel; *ll* Schleifenschicht; *ta* Tuberculum acusticum. — *Weigert.*

mit den beiderseitigen Oberoliven sowie mit dem hinteren Vierhügel in Verbindung zu treten (Fig. 138), oder geradenwegs in die kontra-

---

dem Ergebnis, dass die Acusticusfasern sich in dem Sinnesepithel des Gehörorganes, in der Macula und Crista acustica in freie Endverästelungen auflösen, welche zwischen die Epithelzellen hineindringen. Die Endigung erfolgt hier mittelst kleiner rosenkranzförmiger Anschwellungen in der Nähe der Epitheloberfläche. Die Beziehungen zwischen den Nervenfaserenden und den Haarzellen des Gehörepithels gründen sich überall auf dem Prinzip des einfachen Kontaktes. Man ersieht hieraus, dass die Acusticusfasern bei den Bewegungen der Endolymphe nicht direkt, sondern durch Vermittelung der Haarzellen in Erregung versetzt werden. Letztere sind somit Analoga der Stäbchen und Zapfen der Retina *(Ramón y Cajal)*, indem sie gleich diesen Epithelgebilde vorstellen, welche die Übertragung des äusseren Reizes auf die percipierenden Nervenfasern vermitteln. Das trophische Centrum für diese Nervenfasern bilden nach den Angaben von *v. Lenhossék* die peripheren Acusticuskerne, aus deren Zellen die Fasern schon bei ihrer ersten Anlage nach zwei verschiedenen Richtungen — hirnwärts und peripheriewärts — auswachsen, um hier wie dort in freie Endverästelungen zu zerfallen. Jede einzelne Acusticusfaser gewinnt infolge ihrer intraepithelialen Verästelung Beziehungen zu zahlreichen Haarzellen.

laterale Schleife überzugehen. Nach den Angaben von *Onufrowitsch* sollen beim Kaninchen im Nucleus anterior, welcher ein vollständiges Analogon der Intervertebralganglien darstelle, die Faserzüge des hinteren Acusticusastes blos eine Unterbrechung erleiden, während ihre Endigung in der grauen Substanz des Tuberculum acusticum statthabe. Nach der Ansicht *Obersteiners* und anderer Autoren senkt sich ein Teil des hinteren Acusticusastes, indem er von aussen um das Corpus restiforme

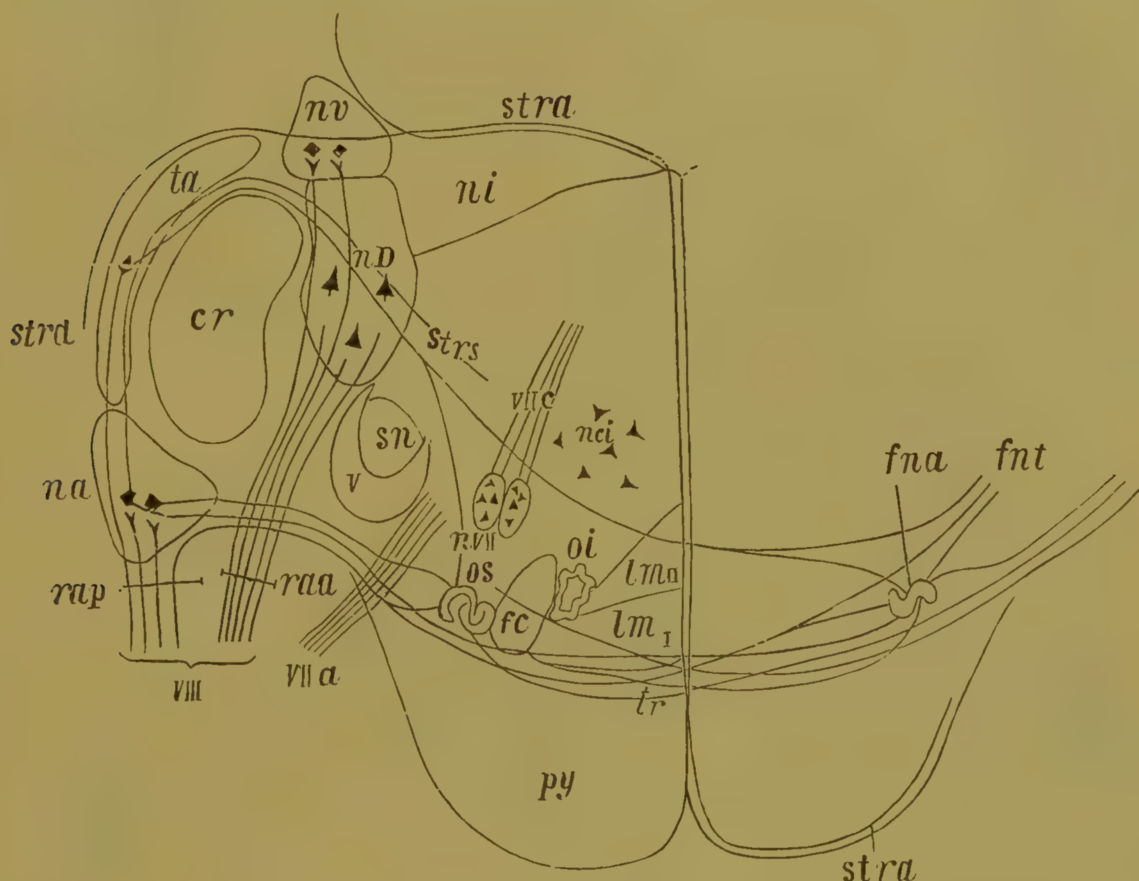



Fig. 139.

**Die Faserung des Acusticus und des Corpus trapezoides. Schema.** *VIII* Acusticuswurzeln; *rap* hintere, *raa* vordere Acusticuswurzel; *na* Nucl. anterior acustici; *ta* Tuberculum acusticum; *stra* Striae medullares s. acusticae; *strs* Striae medullares *Monakow*; *cr* Corpus restiforme; *nv* Nucl. vestibularis; *ni* sogen. medialer Acusticuskern; *nD* *Deiters*scher Kern; *VIIa* aufsteigende Facialiswurzel; *VIIc* absteigende Facialiswurzel; *nVII* Facialiskern; *oi* oberes Ende der grossen Olive; *fc* centrale Haubenbahn; *os* obere Olive; *tr* Corpus trapezoides; *py* Pyramide; *nci* Nucl. centralis inferior; *fna* Fasern aus der Oberolive zum Abducenskern; *fnt* Fasern der lateralen oder unteren Schleife; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa. Der Kern des Corpus trapezoides und seine Verbindungen sind nicht dargestellt.

herumgeht, medial von letzterem entsprechend dem dorsalen Felde der Oblongata in den aus kleinen Nervenzellen bestehenden sogenannten medialen Kern ein. Ohne dieser Ansicht entgegentreten zu wollen, muss ich bemerken, dass bisher keine sicheren Belege für das Vorhandensein einer solchen Verbindung vorliegen.

Die Untersuchung der Entwickelung hat mir ferner gezeigt, dass die hintere Wurzel nicht allein in den Nucl. anterior und in das Tuberculum acusticum eindringt, sondern dass sie durch Vermittelung

des Corpus trapezoideum (Fig. 138 *VIII''*) und von Fasern, welche um das Corpus restiforme herumgehen (Striae acusticae *Monakow*, Fig. 138 *VIII'*) auch zu beiden oberen Oliven gelangt, sowie zu den Trapezkernen und endlich zu dem Kern der lateralen Schleife; durch letzteren aber tritt sie mit dem kontralateralen hinteren Vier-

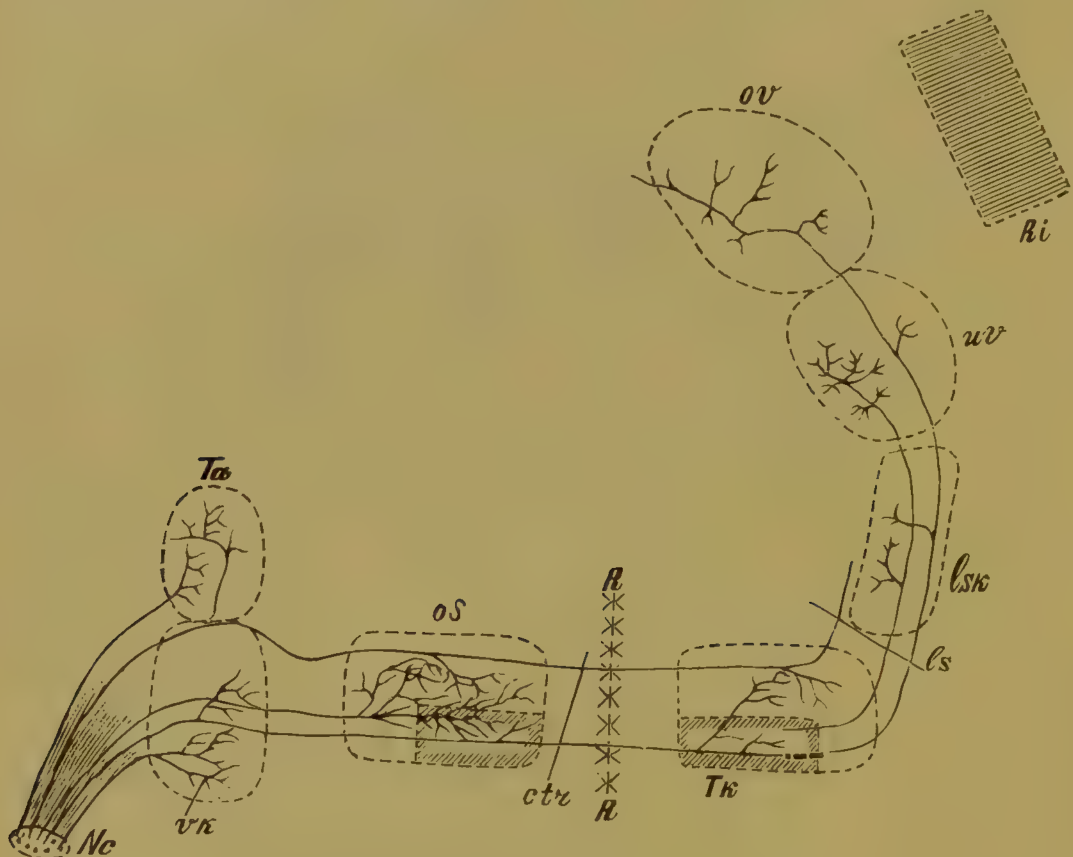



Fig. 140.

Schema der centralen Gehörleitung. Systeme erster Ordnung. *Nc* Nerv. cochlearis; *vk* vorderer Kern; *Ta* Tuberculum acusticum; *os* obere Olive; *ctr* Corpus trapezoides; *R* Raphe; *Tk* Trapezkern; *ls* laterale Schleife; *lsk* Kern der lateralen Schleife; *uv* unterer oder hinterer Vierhügel; *ov* oberer oder vorderer Vierhügel; *Ri* Grosshirnrinde. Nach *Held.*

hügelkern in Verbindung (Fig. 139). Ein geringer Teil ihrer Fasern kann durch Vermittelung der gleichseitigen lateralen Schleife möglicherweise den homolateralen hinteren Vierhügelkern erreichen.*)

*) Untersuchungen von *P. Flechsig* an neugeborenen Katzen haben dargethan, dass aus den primären Centren des Nerv. cochlearis wenigstens vier Systeme hervorgehen, nämlich zwei ventrale und zwei dorsale Systeme. Drei davon beteiligen sich an der Bildung des Corpus trapezoides, eins von den beiden dorsalen gelangt hinter dem Trapezkörper in der Raphe zu partieller Kreuzung und liegt sodann in der Gegend der oberen Olive letzterem unmittelbar an. Die untere oder laterale Schleife hat eine zweifache Verbindung mit dem Nerv. cochlearis, nämlich einmal durch Bestandteile des Corp. trapezoides, und zweitens durch Fasern, welche hinter diesem in der Raphe kreuzen. Diese entspringen vorwiegend in dem Tuberculum acusticum, jene wesentlich aus dem vorderen Acusticuskern. Die obere Olive enthält Fasern aus beiden Nervi cochleares, und ist andrerseits mit der unteren Schleife verbunden.

Es bildet somit die in der Raphe kreuzende Trapezfaserung im Verein mit den erwähnten über der Trapezformation kreuzenden, das Corpus restiforme umziehenden Fasern eine intracerebrale Gehörbahn, welche in der lateralen Schleife weiterzieht.*)

Ausserordentlich lehrreich sind die an der Hand der *Golgi*schen Methode in dem Laboratorium von *P. Flechsig* gewonnenen Ergebnisse von *Held*, welche ich auf Grundlage eigener Untersuchungen im all-

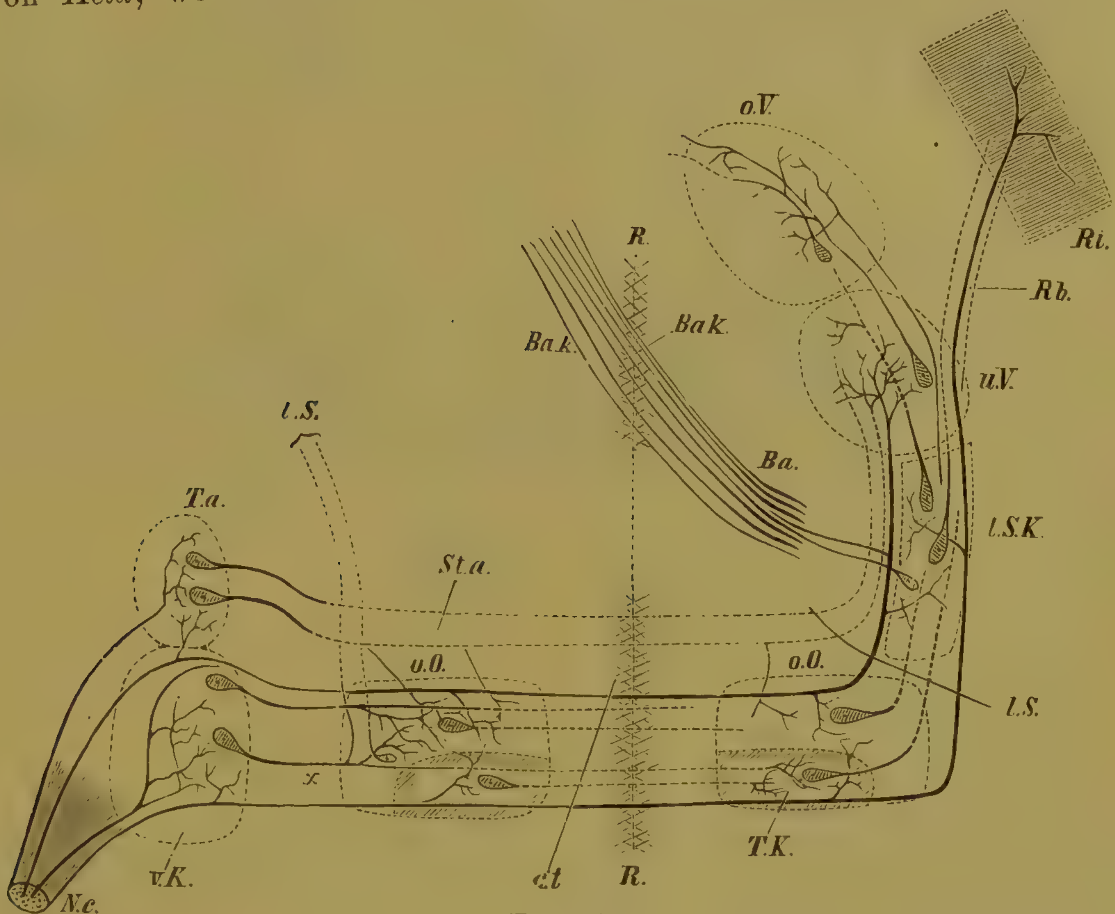



Fig. 141.

Schema der centralen Gehörleitung. Systeme zweiter Ordnung. *Nc* Nervus cochlearis; *vK* vorderer Kern; *ct* Corpus trapezoides; *TK* Trapezkern; *oO* obere Olive; *Ta* Tuberculum acusticum; *Sta* Striae acusticae; *lS* laterale Schleife; *lSK* Kern der lateralen Schleife; *Ba* Bindearm; *Bak* Bindearmkreuzung; *oV* oberer Vierhügel; *uV* unterer Vierhügel; *Ri* Grosshirnrinde; *Rb* Rindenbahn. Nach *Held*.

gemeinen zu bestätigen in der Lage bin. Es zeigte sich, dass die Elemente des Nerv. cochlearis bei ihrem Eintritte in den vorderen Acusticuskern in aufsteigende und absteigende Äste zerfallen und von letzteren aus zu den Zellen des Kerns ramificierende Kollateralen abgeben. Ich hebe hier der Kürze halber aus der betreffenden Arbeit von *Held* folgende Schlusssätze hervor:

*) Bei vielen Tieren mit besonders scharfem Gehörsinn erscheint der Trapezkörper in wesentlich stärkerer Entwickelung als bei dem Menschen, und liegt, da gleichzeitig die Varolsbrücke meist erheblich an Umfang zurücktritt, kaudal von letzterer frei an der ventralen Seite des verlängerten Markes.

1) Die Grundlage der centralen Gehörleitung wird durch die direkten Verästelungen der Axencylinder des Nervus acusticus gebildet. Es sind dies die Wurzelfasersysteme oder Systeme erster Ordnung, deren Endigungen im vorderen Acusticuskern und im Tuberculum acusticum liegen. Wurzelfasern sind aber ausserdem in den oberen Oliven und augenscheinlich in noch entlegeneren grauen Massen vorhanden (Fig. 140).

2) Die Systeme zweiter Ordnung verlaufen in derselben Richtung wie die Wurzelfasern. Sie entspringen aus Systemzellen, welche sich

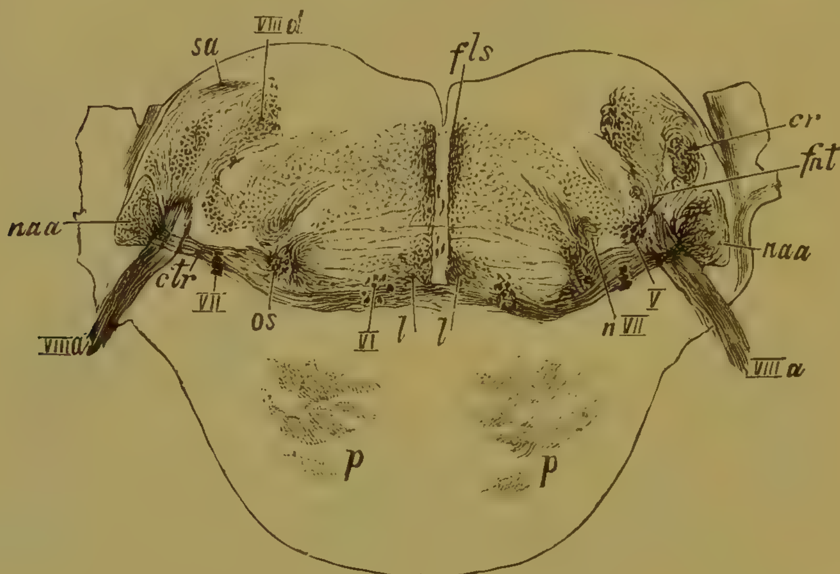



Fig. 142.

Schnitt durch den unteren Teil der Brücke eines 9 monatigen menschlichen Foetus. *VIIId* Radix descendens acustici; *sa* Striae acusticae *Monakow*; *naa* Nucl. anterior acustici; *VIIIa* vordere Wurzel des Acusticus; *ctr* Trapezfasern aus dem vorderen Kern des Acusticus zu den beiderseitigen Oberoliven, Systeme II. Ordnung darstellend; *VII* Facialiswurzel; *os* obere Olive; *VI* quergetroffene Abducenswurzel; *l* Schleifenschicht; *n VII* Facialiskern; *V* Radix descendens trigemini; *fnt* Faserzüge aus der oberen Olive zum Dachkern des Kleinhirns; *fls* Fasciculus longitudinalis dorsalis. — *Weigert.*

dort finden, wo der Acusticus endigt, und stellen somit dessen centrale Leitungen vor. Ihr Ursprung (Fig. 141) liegt in der ganzen Ausdehnung der centralen Acusticusbahn, nämlich im vorderen Acusticuskern, im Tuberculum acusticum, in der oberen Olive, im Trapezkern, in dem Kern der lateralen Schleife dicht bis zum unteren Vierhügel. Aus diesen verschiedenen grauen Kernen schöpft die Gehörleitung einen neuen Faserzuwachs als Ersatz für die in ihren tieferen Gebieten endigenden Fasern. Sie bilden einen Hauptbestandteil der centralen Gehörleitung (Fig. 141 und 143).

3) Entgegengesetzt zu den Systemen zweiter Ordnung ist die Richtung der rückläufigen Systeme. Sie entspringen aus höher gelegenen Gebieten der centralen Gehörleitung und gehen zu tiefer liegenden grauen Massen, um in letztere einzudringen. Ihre Neuriten

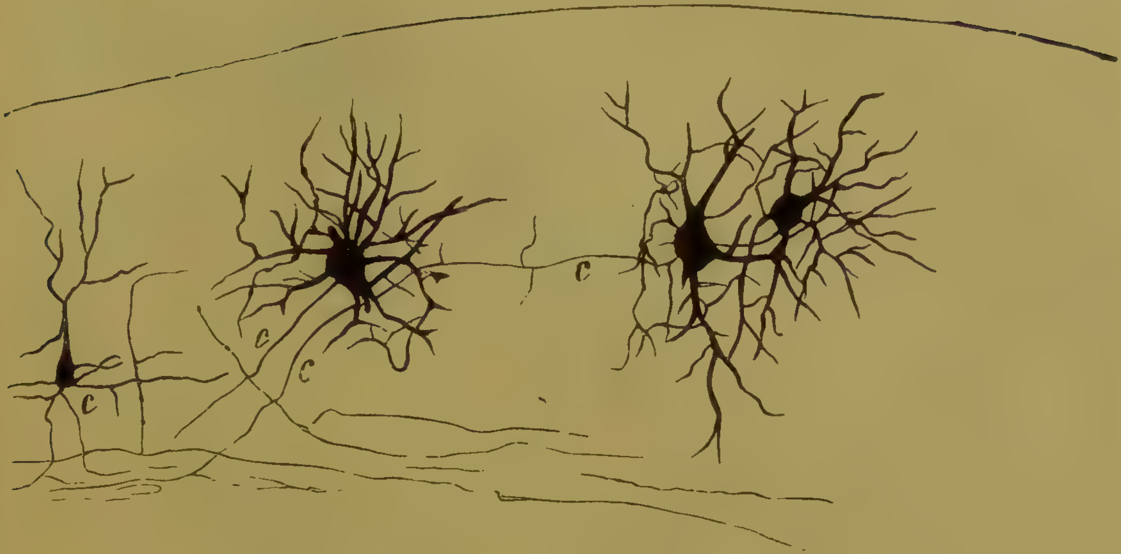



Fig. 143.

Nervenzellen aus dem Tuberculum acusticum vom neugeborenen Hunde. Versilberung nach *Golgi*. *c*, *c*, *c* Neuriten, sie stellen Systeme II. Ordnung vor, welche im Tuberc. acusticum entspringen.

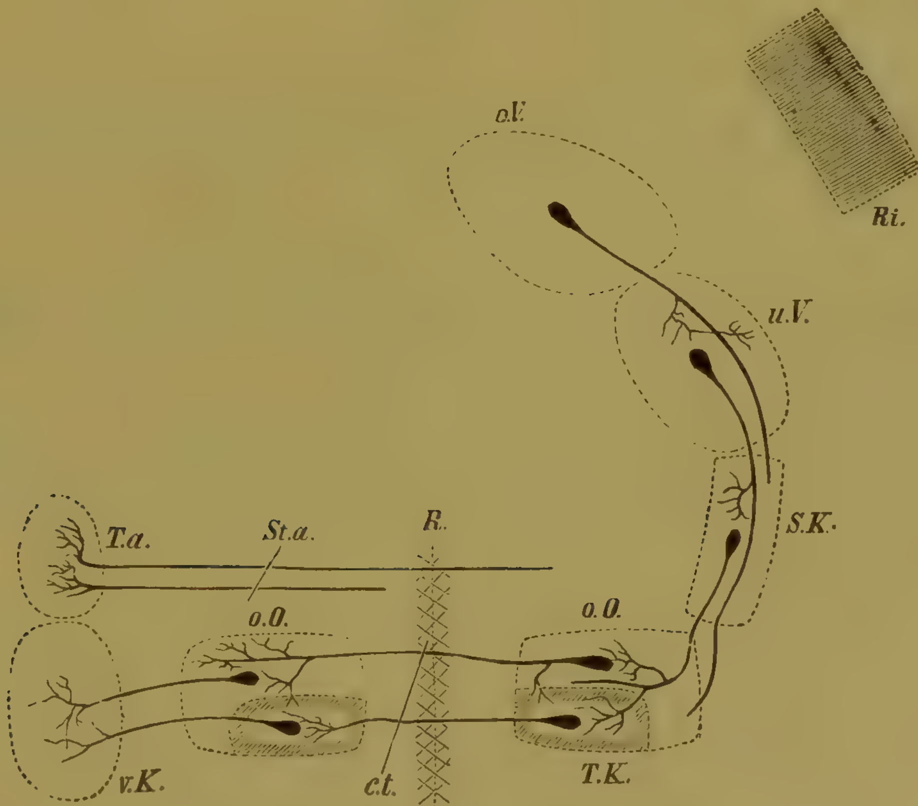



Fig. 144.

Schema der centralen Gehörleitung. Rückläufige Systeme. *vK* vorderer Kern; *ct* Trapezkörper; *R* Raphe; *TK* Trapezkern; *oO* obere Olive; *Ta* Tuberculum acusticum; *Sta* Striae acusticae; *SK* Kern der lateralen Schleife; *oV* oberer Vierhügel; *uV* unterer Vierhügel; *Ri* Rinde. Nach *Held*.

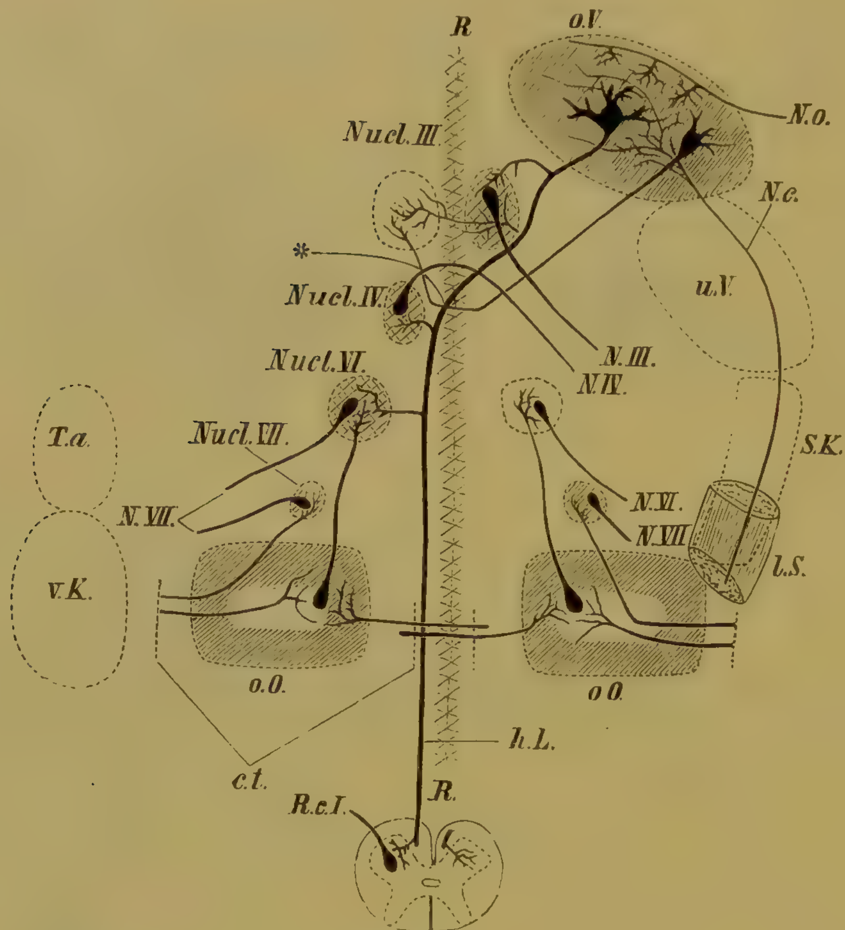



Fig. 145.

Schema der centralen Gehörleitung. Reflektorische Bahnen. *No* Nervus opticus; *hL* hinteres Längsbündel; *RcI* Nervus cervicalis I. * Stelle der fontänenartigen Haubenkreuzung. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie in Fig. 141 und 144, resp. ohne weiteres aus der Skizze ersichtlich. Nach *Held*.

gelangen zu dem primären Endigungsgebiet des Acusticus, sodass die letzten Faserzüge der rückläufigen Systeme dort endigen, wo die ersten Systeme zweiter Ordnung entspringen (Fig. 137 und 145).

4) Die zentrale Gehörbahn ist der Hauptmasse nach eine gekreuzte Fortsetzung der Gehörnerven, zum kleineren Teile eine ungekreuzte. Es bestehen also für die Gehörnerven ganz ähnliche Verhältnisse, wie für die Sehnerven.

5) Die centrale Gehörbahn endigt zum grossen Teil, wenigstens was die Wurzelfasern und die Systeme zweiter Ordnung betrifft, im Mittelhirn und speziell in den Vierhügeln, woselbst auch rückläufige Systeme entspringen. Zum kleineren Teil zieht sie als direkte akustische Rindenbahn durch das Mittelhirn zum Grosshirn.*)

Ich kann hier nicht umhin zu bemerken, dass die Annahme einer

*) Ausführliche Darstellungen der Acusticusbahnen finden sich in der vorhin citierten Arbeit *Helds* und in dem schönen Werke von *Ramón y Cajal*: „Beiträge zum Studium der Medulla oblongata". Leipzig 1896. S. 75—101.

direkten akustischen Rindenbahn sich nicht auf endgültig bewiesene Thatsachen stützt, sondern nur einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich hat und insofern meines Erachtens noch nicht den Wert einer wissenschaftlichen Thatsache beanspruchen kann.

Die Gehörbahn geht ausserdem zahlreiche Verbindungen ein, welche augenscheinlich reflektorische Leitungen darstellen (Fig. 145). Faserzüge derselben gelangen, wie unten gezeigt wird, im vorderen Vierhügel zu Zellen, welche den absteigenden Systemen zum Ursprung dienen, aber auch zu den Fasern des Opticus Beziehungen haben. So

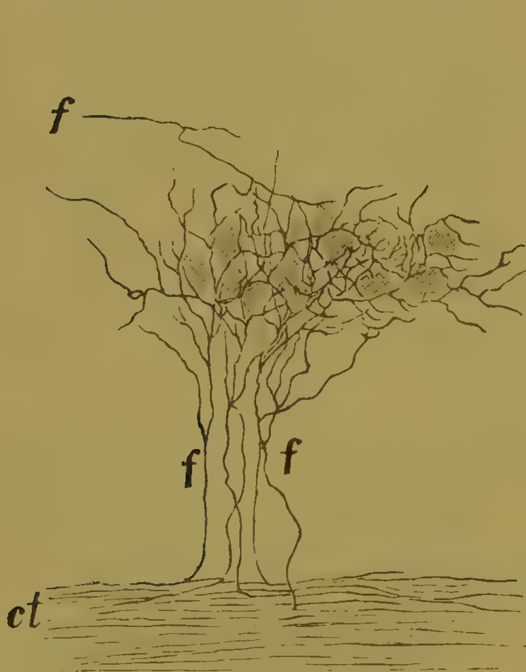



Fig. 146.
Aus dem Facialiskern vom neugeborenen Hunde. Behandlung nach *Golgi*. *f, f, f* Endverästelungen von Fasern zwischen Zellen des Facialiskerns; *ct* Corpus trapezoideum.




Fig. 147.
Eine Zelle aus dem Trapezkern. Behandlung nach *Golgi*. Die Fasern *f, f, f' f'* treten mittelst feiner Endramifikationen an die Zelle und deren Fortsätze heran; *ct* Corpus trapezoideum.

entsteht die grosse optico-acustische Reflexbahn (*Held*). Aus den Trapezkörpern begeben sich ferner Kollateralen und Fasern zum Facialiskern (Fig. 146), zum Trapezkern (Fig. 147) und zur Formatio reticularis. Endlich senden die oberen Oliven, in welchen, wie ich bereits vor mehr als einem Jahrzehnt an der Hand der Entwickelungsmethode nachgewiesen, die Acusticusfasern eine Unterbrechung ihrer Bahn erleiden, einen Faserzug zu dem homolateralen Abducenskern.

Die mediale oder vordere Wurzel des Gehörnervs entspringt im Gebiete der Ampullen aus Zellen, deren peripherische Fortsätze in das Epithel der Macula und Crista acustica eindringen, und tritt in der Medulla oblongata mit folgenden Kernen in Verbindung: einmal mit dem grosszelligen lateralen oder *Deiters*schen Kern, zweitens mit dem von mir beschriebenen aus kleineren Nervenzellen bestehenden

Nucl. nervi vestibularis am lateralen Winkel des Bodens der Rautengrube (Fig. 148) und drittens höchst wahrscheinlich mit dem sogenannten medialen Kern.*)

Nach geschehenem Eintritt in den *Deiters*schen Kern wendet sich ein Teil der Wurzel abwärts, verläuft so innerhalb des Kerns eine Strecke weit und erschöpft sich in ihm allmählich unter Bildung der sogenannten aufsteigenden Acusticuswurzel, welche distal in der Gegend des oberen Endes des *Burdach*schen Kerns verstreicht.**) Sie sendet auf ihrem Wege durch den absteigenden Teil des *Deiters*schen Kerns stetig Kollateralen zu Zellen dieses letzteren und wird hierdurch abwärts nach und nach schmächtiger. Zu dem Nucl. vestibularis gelangt nur der proximale Abschnitt der vorderen Wurzel; auf Schnitten und welcher in neueren Arbeiten nicht zu selten angetroffen wird. Überlegt man, dass der *Deiters*sche Kern ein umfangreiches Gebilde darstellt, dass er ausser dem Gehörnerv mit dem Rückenmark und dem kleinen Gehirn zusammenhängt und dass er endlich seinerseits Faserzüge centralwärts entsendet, so erscheint es begreiflich, dass er bei Degeneration des Acusticus ungeachtet seines durch die Entwickelungsgeschichte ohne weiteres nachweisbaren Zusammenhanges mit letzterem keine ausgesprochenen Zeichen von Atrophie darzubieten braucht. Die in Rede stehende Verbindung ist neuerdings übrigens auch mittelst der *Golgi*schen Methode bestätigt worden *(Held)*.

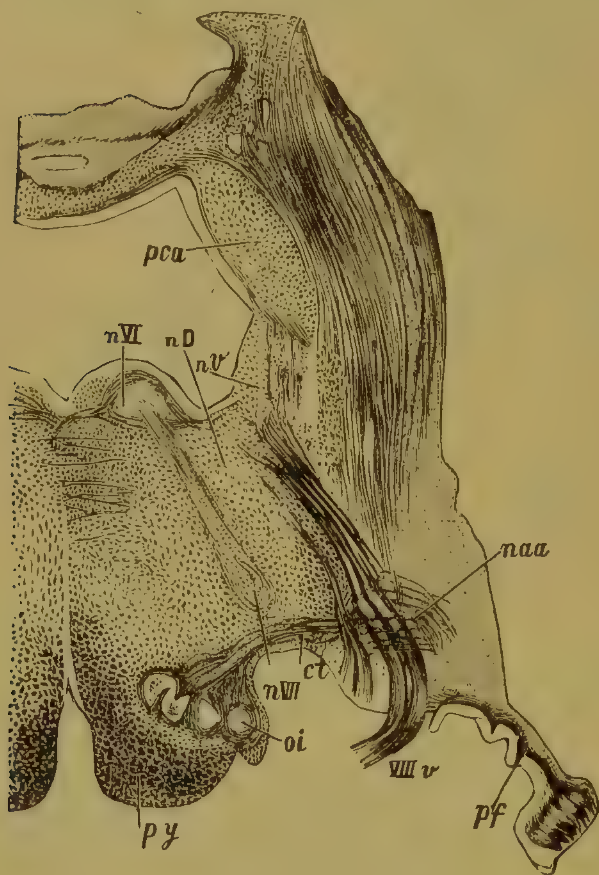



Fig. 148.

Durchschnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *pca* vorderer Kleinhirnschenkel; *nv* Nucleus vestibularis; *nD Deiters*scher Kern; *nVI* Nucleus nervi abducentis; *naa* Nucleus acustici anterior; *pf* Pedunculus flocculi; *VIIIv* vestibulare Wurzel des Acusticus; *ct* Trapezkern; *nVII* Nucleus nervi facialis; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis. — *Weigert.*

*) Als besondere Teile des *Deiters*chen Kerns unterscheidet *Ramón y Cajal* einen dorsalen oder Hauptkern und den schon erwähnten absteigenden Kern des Nervus vestibularis. Letzterer entspricht dem latero-kaudalen Abschnitte des *Deiters*schen Kernes.

**) Einige neuere Autoren leugnen den Zusammenhang der vorderen Acusticuswurzel mit dem *Deiters*schen Kern, indem sie sich darauf stützen, dass bei künstlich hervorgerufener Degeneration des Gehörnervs der genannte Kern nicht atrophieren soll. Diese Beweisführung ist indessen nicht zutreffend, da hier bei der Handhabung der Atrophiemethode negative Befunde in ihrer Bedeutung überschätzt werden, ein Fehler, auf welchen bereits an einem früheren Orte hingedeutet worden ist

durch das Übergangsgebiet zwischen Oblongata und Pons Varolii findet man, dass ein Teil ihrer Fasern sich dorsalwärts wendet und alsbald zwischen den Zellen des genannten Kerns verschwindet.*)

Wie der *Deiters*sche Kern, so steht auch der Nucl. vestibularis in Zusammenhang mit den centralen Kernen des kleinen Gehirns (s. unten), ein Verhalten, welches mit der Abstammung der medialen bzw. vorderen Acusticuswurzel aus dem Ramus vestibularis sehr wohl vereinbar ist.**)

Bezüglich der weiteren Verbindungen der Endkerne des Nervus vestibularis ist bekannt, dass von dem Nucleus medialis und dem *Deiters*schen Kerne zahlreiche Fasern zur Raphe laufen und möglicherweise eine centrale Bahn des Nerv. vestibularis darstellen, eine Annahme, die jedenfalls noch der Bestätigung harrt. Einige von diesen Fasern reichen von dem *Deiters*schen bis zum Aducenskern (*Obersteiner*). Andere Bündelchen ziehen ventral von dem Nucleus medialis in der Tiefe der Formatio reticularis zur Gegend des Nucleus lateralis, dem motorischen Kern des Vagoglossopharyngeus und erzeugen so aller Wahrscheinlichkeit nach eine Bahn zwischen Nervus vestibularis und den motorischen Ästen des Vago-glossopharyngeus. Noch andere Fasern gehen, wie in der Folge gezeigt wird, vom *Deiters*schen Kern, die Bahn des Facialis kreuzend, medio-ventralwärts, werden demnächst längsverlaufend und steigen schliesslich in den Seitenstrang des Rückenmarkes hinab.

Zu den Wurzelfasern des Gehörnervs sind noch bis in die neueste Zeit hinein die sogenannten Striae medullares s. acusticae gerechnet worden. Diese ziemlich ansehnlichen, aber inkonstanten Faserzüge verlaufen im menschlichen Gehirn vom Corpus restiforme aus quer über die Rautengrube zu der der Raphe entsprechenden Medianfurche, um sich schliesslich in letztere einzusenken (Fig. 149); in der Tiefe der Raphe kreuzen sie sich, biegen sodann um die kontralaterale Pyramide und gehen nach Unterbrechung im Nucl. arciformis auf der anderen Seite in Fibrae arcuatae anteriores über, einige von ihnen gelangen schon in der dorsalen Rapheregion zur Kreuzung und laufen dann unter dem Boden des Ventrikels weiter. Sie dürfen mit jenen an dem

*) *Sala* (Sull'origini del nervo acustico. Sep.-Abdr. aus Monitoro Zoologico Italiano, 1891) bestreitet neuerdings auf Grundlage von Untersuchungen nach der *Golgi*schen Methode den Zusammenhang des *Deiters*schen Kerns und meines Nucl. vestibularis mit dem Vorhofsast des Gehörnervs. Welche Vorteile das *Golgi*sche Verfahren bei der Entscheidung der Frage nach den centralen Verbindungen des Acusticus gewährt, steht dahin; jedenfalls aber ist die fragliche Verbindung an der Hand anderer in dieser Beziehung nicht weniger zuverlässiger Methoden, wie der embryologischen, mit grösster Anschaulichkeit nachweisbar.

**) Was die von einigen Autoren angenommene direkte Verbindung des Acusticus und anderer sensorischer Gehirnnerven mit dem Kleinhirn betrifft, so findet hierüber alles Wesentliche in dem Kapitel vom Kleinhirn Erledigung.

Tiergehirn vorkommenden und ebenfalls als Striae acusticae beschriebenen Bündeln nicht verwechselt werden, von welchen *Monakow* zuerst den Nachweis geführt hat, dass sie in direkter Fortsetzung von Acusticusfasern liegen. Die am menschlichen Gehirn wenig ausgeprägten Striae acusticae *Monakows* biegen um den Strickkörper und versinken sofort in der Tiefe des Gehirns, um sodann zur oberen Olive und vorwiegend zu der kontralateralen sich zu begeben, während die wahren Striae des Menschen auf der freien Oberfläche des Ventrikelbodens verlaufen und nach Durchsetzung der Raphe auf der vorderen Gehirnoberfläche erscheinen, ohne zu den oberen Oliven irgend welche Beziehungen einzugehen.

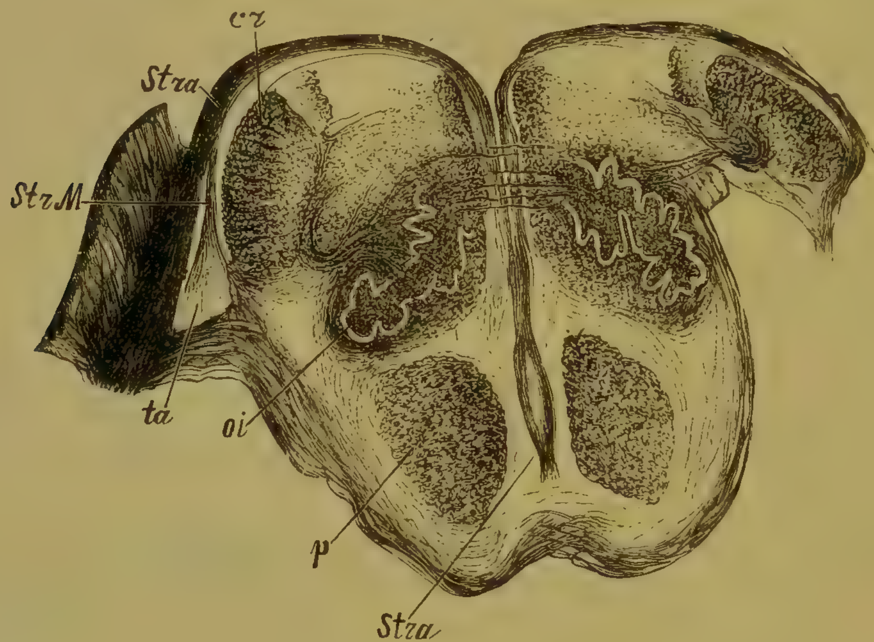



Fig. 149.

**Durchschnitt durch die untere Brückengegend von einem Gehirn mit auffallend stark entwickelten Striae medullares.** *Ta* Tuberculum acusticum; *strM* Striae acusticae *Monakow*, aus dem Tuberculum acusticum; *stra* Striae medullares, aus der Gegend des Flocculus cerebelli kommend, verlaufen auf dem Ventrikelboden bis zur Raphe, woselbst sie kreuzen und in dem Fuss der Brücke herabsteigen; *p* Pyramide; *oi* untere Olive.

Meine in der Folge von anderen Autoren bestätigten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Striae medullares einer relativ späten Entwickelungsphase angehören und dass sie in Wirklichkeit keine direkte Fortsetzung der Acusticuswurzeln darstellen, vielmehr augenscheinlich in nächsten Beziehungen stehen zu dem Tuberculum acusticum und zum kleinen Gehirne. Wenigstens ist an Gehirnen mit gut ausgeprägten Striae medullares unschwer zu eruieren, dass letztere über den Striae acusticae *Monakow* gelegen sind, und man vermag nicht selten schon mit unbewaffnetem Auge wahrzunehmen, dass sie auf dem Boden der Rautengrube bis zur hinteren Fläche des Crus ad medullam oblongatam verlaufen und in der Nähe des Flocculus in der Masse desselben sich verbergen. Ihr Vorkommen ist ferner sehr wenig konstant; bald sind

sie so schwach entwickelt, dass sie makroskopisch kaum wahrnehmbar erscheinen, bald fehlen sie gänzlich, in anderen Fällen dagegen queren sie als eine Reihe mächtiger Bündel den Boden des Ventrikels. Sehr oft findet man die Striae auf beiden Seiten ungleich entwickelt. Endlich ist auch ihre Richtung auf dem Ventrikelboden zahlreichen Variationen unterworfen. Häufig ist der Verlauf eines oder mehrerer oder auch aller Bündelchen nicht quer, sondern schräg vor-lateral und in spitzem Winkel gegen die Medianlinie gerichtet; in solchen Fällen habe ich sie mit aller Entschiedenheit manchmal zu der Gegend des mittleren Kleinhirnarmes verfolgen können. Die fragliche, als Conductor sonorus bekannte Anomalie der Striae medullares ist neuerdings von *N. Popoff* eingehend untersucht worden; die Ergebnisse dieses Autors stimmen in allen Beziehungen mit meinen obigen Angaben überein, indem sie feststellen, dass die Faserzüge des Conductor sonorus mit den Striae medullares gemeinsamen Ursprunges sind, sich dem mittleren Kleinhirnarm anschliessen und mit ihm zum Cerebellum emporsteigen.*)

Die soeben erörterten Sätze können durch eine Reihe von Ergebnissen der Atrophiemethode weiter gestützt werden.

Nach den Versuchen von *Onufrowitsch***) und *Baginsky****) entwickelte sich beim Kaninchen nach Zerstörung des inneren Ohres im Laufe der Zeit Atrophie der hinteren Akustikuswurzel und der darin eingelagerten Nervenzellen; die vordere Wurzel hingegen erschien nur unbedeutend verschmächtigt, ja völlig unversehrt. Gleichzeitig fand sich starke Atrophie in dem vorderen Kern und im Tuberculum acusticum. Ausserdem führt jener Eingriff nach den Angaben von *Baginsky* zu mässigem Faserschwund im Trapezkörper und in der gleichseitigen Oberolive; sodann atrophiert die kontralaterale untere Schleife, der Arm des hinteren Vierhügels, der Kern des letzteren und das Corpus geniculatum internum. Einen ähnlichen Befund erhob *Baginsky* nach Zerstörung der Schnecke bei einem neugeborenen Kätzchen.

Andererseits fand *Monakow*†) nach Durchschneidung der unteren Schleife bei der Katze Atrophie der Striae acusticae und in der Folge auch des Tuberculum acusticum. *Monakow* bezeichnet als Striae acusticae, wie schon erwähnt, besondere bei Tieren gut ausgeprägte Faserzüge, welche nach Umbiegung des Corpus restiforme in medioventraler Richtung zu den beiderseitigen, vorwiegend aber zu der kontralateralen Olive verlaufen. Diese Faserzüge haben also mit den

---

*) Nach *Flechsig* erreichen die Striae medullares beim Menschen schliesslich den hinteren Vierhügel. Bei meinen Untersuchungen habe ich mich jedoch von diesem Verhalten nicht überzeugen können.

**) Arch. f. Psychiatrie, Bd. XVI, 3.

***) Sitzb. d. k. preussischen Akad. d. Wissensch. 25. Febr. 1886.

†) Corresp.-Bl. f. Schweiz. Arzte XVII. 5. 1888.

Striae medullares des menschlichen Gehirns, von welchen ich zuerst nachgewiesen, dass sie keine direkte Fortsetzung der Gehörnerven darstellen, nichts Gemeinschaftliches.*)

*Baginsky* ist es auch beim Kaninchen gelungen, eine isolierte Zerstörung des Ohrlabyrinthes herbeizuführen; atrophisch erwies sich in der Folge neben der vorderen Wurzel eine Gegend der grauen Substanz, welche meinem Nucl. vestibularis entsprach, und ausserdem waren deutliche Zeichen von Atrophie in dem medialen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels vorhanden.

Von grossem Interesse ist hier der Umstand, dass bei den Cetaceen nach den Ermittelungen von *Ziehen* und *Kükenthal* bei der grösste Teil des Acusticus in aufsteigender Richtung verläuft und ununterbrochen zum Corpus geniculatum internum gelangt, indem er gleichzeitig mit dem bei diesen Tieren mächtig entwickelten hinteren Vierhügel in Verbindung tritt, ein Verhalten, welches schon *Spitzka* nicht entgangen war; aus der vorderen Acusticuswurzel lassen sich bei den Cetaceen Faserzüge zum Kleinhirn hinauf verfolgen **)

---

*) Um Missverständnissen zu begegnen, wäre es meines Erachtens das Richtige, für die Striae des Menschen nur die Bezeichnung Striae medullares in Anwendung zu bringen und die häufig anzutreffende Namengebung Striae acusticae fallen zu lassen, da auf letztere allenfalls nur die von *Monakow* beschriebenen Faserzüge Anspruch erheben könnten.

**) Ich möchte hier mit einigen Worten zu der in letzterer Zeit mehrfach berührten Frage über die Priorität der Ermittelung einiger auf die centralen Acusticusendigungen bezüglichen Thatsachen Stellung nehmen.

In Jahrgang 1885 No. 7 des Neurologischen Centralblattes veröffentlichte ich aus dem Institut von Prof. *Flechsig* eine Arbeit, deren wesentlichste Ergebnisse ich in folgende Sätze zusammenfasste: (die im folgenden durch gesperrten Druck hervorgehobenen Stellen entsprechen genau dem Satz der Originalarbeit):

1. „Der Nervus acusticus zerfällt auf Grund der Markscheidenbildung in zwei wohlgesonderte Abteilungen."

a) „Eine bereits bei 25 cm langen Foetus markhaltige, welche sich im wesentlichen deckt mit der «vorderen» Wurzel der Autoren; sie umfasst sämtliche medial vom Corpus restiforme in das Centralorgan eindringenden Fasern und geht hervor aus dem Nervus vestibularis, weshalb ich sie kurz als «Wurzel des Nervus vestibularis» bezeichnen will."

b) „Eine erst bei ca. 30 cm Körperlänge sich mit Mark umhüllende, welche übereinkommt mit der «hinteren» Wurzel der Autoren; sie enthält sämtliche nach aussen vom Corpus restiforme verlaufenden Fasern und geht hervor aus dem Nervus cochlearis, weshalb sie «Wurzel des Nervus cochlearis» heissen möge."

2. „Keine dieser Wurzeln hat direkte Verbindungen mit dem Kleinhirn."

3. „Die Wurzel des Nervus vestibularis endet mit der Mehrzahl ihrer Fasern in den grauen Massen, welche in der Seitenwand des IV. Ventrikels dorsal vom *Deiters*'schen Kern gelegen sind; ein kleinerer Teil verläuft längs der letzteren nach abwärts gegen das verlängerte Mark. . . . Die Wurzel des Nervus cochlearis endet zum grossen Teil in dem vorderen Kern des Acusticus, aus welchem das Corpus trapezoideum hervorgeht *(Flechsig)*."

Von neueren, nach der Atrophiemethode ausgeführten Untersuchungen über den Acusticus und seine centralen Verästelungen sind

---

1. „Die Striae medullares werden viel später markhaltig, als beide Wurzeln des N. acusticus, und hängen demnach offenbar nicht direkt mit letzterem zusammen."

Zwei Wochen vor dem Erscheinen der soeben zitierten Arbeit hatte ich in meinem Aufsatze „Zur Anatomie der Schenkel des Kleinhirns, insbesondere der Brückenarme" (Neurol. Centralbl. No. 6, 1885, S. 122) mich wie folgt geäussert: „Das Corpus trapezoideum geht im wesentlichen hervor aus dem vorderen Acusticuskern und stellt eine centrale Bahn des Acusticus, bezw. des VIII. Hirnnerven dar (*Flechsig*)."

Weiterhin habe ich in meiner Arbeit „Über die Schleifenschicht", über welche Prof. *P. Flechsig* in der Sitzung der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften vom 4. Mai 1885 berichtete (S. Ref. im Neurol. Centralbl. No. 15, 1885, S. 356) zuerst darauf hingewiesen, dass die „Untersuchung von Gehirnen 26—30 cm langer Foetus zu der Annahme nötigt, dass das untere Vierhügelganglion durch die laterale Schleife mit der oberen Olive und dem Corpus trapezoideum (und hierdurch mit dem achten Hirnnerven) zusammenhängt." (Das Wort „achten" auch im Original gesperrt gedruckt.) In einer anderen Mitteilung („Über die Verbindungen der oberen Oliven und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung", Ref. im Neurol. Centralbl. No. 21, 1885) habe ich sodann auf Grundlage von Untersuchungen am foetalen Gehirn festgestellt, dass die untere oder laterale Schleife einen Faserzug darstellt, welcher vorwiegend in der gleichseitigen, zum Teil aber auch in der anderseitigen Oberolive entspringt und somit letztere mit dem hinteren Vierhügelganglion verknüpft; gleichzeitig findet sich hier der Hinweis, dass die oberen Oliven durch Vermittelung von Querfaserzügen des Corpus trapezoideum mit dem Nucl. anterior acustici in Verbindung stehen. Endlich heisst es in meinem Artikel „Die Nervenbahnen im Gehirn und Rückenmark" (Lehrbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen und der Tiere, herausgegeben von *M. Lawdowski* und *F. Owsjannikoff*, St. Petersburg, 1888, S. 939) wörtlich wie folgt: „Auf Durchschnitten foetaler Hirne erkennt man die Verbindung der Oberoliven mit dem lateralen Kern des Nervus acusticus (Nucl. anterior Meynert), welcher die hintere Wurzel dieses Nerven aufnimmt, sowie mit dem Kern des Nerv. abducens. Die die obere Olive mit dem lateralen Acusticuskerne verbindenden Fasern (Fig. III und VI, 18) begeben sich aus letzterem unmittelbar nach innen zur Kreuzung mit der vorderen Wurzel des Gehörnerven; nur wenige von ihnen verlieren sich in der gleichseitigen Oberolive, die Mehrzahl hingegen wird zu Querfasern des Trapezkörpers und steigt nach stattgehabter Kreuzung in der Raphe mit der unteren bezw. lateralen Schleife zu dem hinteren Vierhügelganglion empor." Ich bemerke noch, dass auf der jenem Artikel beigegebenen schematischen Abbildung die Verbindungsfasern vom lateralen bezw. vorderen Acusticuskern zum hinteren Vierhügel, sowie deren weitere Bahnen zur Rinde in genauer Übereinstimmung mit dem Inhalt des Textes dargestellt sind. In ganz ähnlicher Weise habe ich mich bezüglich der in Rede stehenden Verhältnisse in meiner Abhandlung „Le cerveau de l'homme dans ses rapports et connexions intimes" (Arch. Slaves de Biologie 1887) ausgesprochen.

Einen Monat vor der Veröffentlichung meiner oben zitierten Arbeit „Über die innere Abteilung des Strickkörpers etc." war eine kurze vorläufige Mitteilung von *Forel* (Neurol. Centralbl. No. 5, 1885) „Über den Ursprung des Nerv. acusticus" erschienen. Letztere hat mit meinen Ermittelungen nur insofern etwas gemeinsam,

erwähnenswert diejenigen von *Bumm* und *Kirilzeff*. *Bumm* kommt auf Grundlage seiner an 4 Kaninchen nach dem *Gudden*-

als darin berichtet wird, der Nervus acusticus besitze zwei Wurzeln, eine Thatsache, welche schon den älteren Autoren nicht unbekannt war, und die hintere Wurzel endige mit dem grössten Teile ihrer Fasern in dem vorderen Acusticuskern. Dagegen ist von den Beziehungen der vorderen Wurzel zu dem Ramus vestibularis und der hinteren zu dem Ramus cochlearis in dem oben angezeigten Artikel *Forels* auch nicht eine Silbe zu finden.

Wenn man somit von jener kurzen Notiz *Forels* absieht, so erhellt aus dem Gesagten dass die oben erörterten Thatsachen zuerst von mir im Laboratorium *Flechsigs* ermittelt und in durchaus kategorischer Weise in einer so weitverbreiteten Zeitschrift, wie das Neurologische Centralblatt, beschrieben worden sind. Ausserordentlich merkwürdig erscheinen angesichts dieses Umstandes die seinerzeit von *Onufrowitsch* gemachten Versuche, die Bedeutung meiner Untersuchungen zu schmälern und die Priorität meiner Entdeckung in Frage zu stellen, welcher gemäss der Ram. cochlearis sich centralwärts in die hintere, der Ram. vestibularis dagegen in die vordere Acusticuswurzel fortsetzt. Die dahinzielenden Versuche des Genannten hat Prof. *P. Flechsig* („Zur Lehre vom centralen Verlauf der Sinnesnerven", Neurol. Centralbl. No. 23, 1886) s. Z. mit grösster Entschiedenheit und vollem Recht zurückgewiesen.

Demungeachtet wandte sich späterhin *Baginski* (Über den Ursprung und den centralen Verlauf des N. acusticus des Kaninchens und der Katze, *Virchows* Archiv, Bd. 119, S. 81 ff.) bezüglich der von mir und *Flechsig* eruierten Verbindung des Acusticus mit dem hinteren Vierhügelganglion einem ähnlichen Verfahren zu, wie *Onufrowitsch*. Die Thatsache der Verknüpfung des vorderen Acusticuskernes mit dem hinteren Vierhügel durch Vermittelung von Trapezfasern und der lateralen bezw. unteren Schleife war von uns, wie erwähnt, in den obengenannten Arbeiten wiederholt mit aller Bestimmtheit festgestellt worden, und doch bemüht sich *Baginski* um den Nachweis, dass wir nur Vermutungen oder Hypothesen aufgestellt hätten, der Beweis des Zusammenhanges zwischen Acusticus und hinterem Vierhügel aber von ihm geliefert worden sei. „Diese Hypothese," so heisst es wörtlich: „das gebe ich gern zu, gehört *Bechterew* und *Flechsig*; der Beweis aber ist erst erbracht durch meine experimentelle Untersuchung."

Sieht man nun zu, was *Baginski* veranlasst, unsere Ergebnisse nur als Hypothesen und nicht als vollgültig bewiesene Thatsachen aufzufassen, so ergiebt sich als alleinige Ursache der Umstand, dass in einer der oben zitierten Arbeiten sechs Worte in Klammern eingeschlossen sind.

Dies dürfte nicht jedermann glaubhaft erscheinen, ich führe daher den bezüglichen Passus *Baginskis* in extenso an: „Es liegt mir", schreibt er, „vollkommen fern, einen Prioritätsstreit zu beginnen, ich erlaube mir indes zu bemerken, dass in jenem Sitzungsbericht der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, auf den sich *Flechsig* bezieht, den ich zur Zeit meiner ersten Publikation nicht gekannt hatte" (unbekannt war *Baginski* nicht nur diese letztere, sondern ebenso drei weitere den nämlichen Gegenstand betreffende Arbeiten von mir) „und der mir erst durch die Freundlichkeit *Flechsigs* zuging, die Worte «und hierdurch mit dem achten Hirnnerven» in *Klammern* stehen und dass *diese Klammern* erst später nach Publikation meiner Arbeit weggelassen sind (sic!). *Also so ganz gesichert hat Flechsig*" (und augenscheinlich auch ich) *„im Jahre 1885 den Zusammenhang zwischen Nervus acusticus und hinterem Vierhügelganglion nicht betrachtet; überdies*

schen Verfahren angestellten experimentellen Untersuchungen*) zu dem Ergebnis, dass die hintere Wurzel aus dem Tuberculum acusticum und aus dem vorderen Acusticuskern entspringe. Beide Kerne dienen ausserdem als Ursprungs- oder Verstärkungskerne der Trapezfaserung. Zwischen hinterer Wurzel und Kleinhirn bestehe keine sichtbare Verbindung. Derselbe Autor entfernte bei der neugeborenen Katze auf der nämlichen Seite das Tuberc. acusticum und den vorderen Acusticuskern, sodann die hintere und die vordere Wurzel des Acusticus und endlich den Trapezkörper; von den wesentlichen Resultaten dieses Experimentes ist folgendes hier anzuführen: Als Ursprungskerne der unteren (lateralen) Schleife und des Corpus trapezoides erscheint in proximaler Richtung die Substanz des unteren Vierhügels, in kaudaler die obere Olive nebst der Nebenolive und der vordere Acusticuskern. Beziehungen des Corpus trapezoides zum Kleinhirn und zu den Kleinhirnschenkeln sind nicht erfindlich gewesen.

Zum Schlusse lasse ich hier mit einigen unwesentlichen Änderungen eine Zusammenstellung der Ergebnisse folgen, zu welchen *S. Kirilzeff***) auf Grundlage von Atrophieversuchen an Meerschweinchen gelangt ist:

1) Die Fasern der hinteren Wurzel des Acusticus ziehen beim Meerschweinchen nach ihrem Eintritte in das verlängerte Mark grösstenteils kontinuierlich zu dem vorderen Kern und zum Tuberc. acusticum der entsprechenden Seite, kleinerenteils zur Oberolive und zu den Ganglien des unteren Vierhügels und zwar vorwiegend der entgegengesetzten Seite, um in all' den genannten grauen Herden zu endigen. Ein unbedeutender Rest von Fasern endigt wahrscheinlich in den lateralen Kernen der unteren bzw. lateralen Schleife.

2) Die genannten grauen Herde sind somit sämtlich primäre Centren dieser Wurzel oder mit anderen Worten des Nerv. cochlearis.

3) In dem medialen und *Deiters*schen Kern endigen keine Fasern der hinteren Acusticuswurzel.

4) Diejenigen Fasern der hinteren Wurzel, welche in den oberen Oliven endigen, ziehen im Trapezkörper weiter, diejenigen aber, welche in den Oberoliven, (wahrscheinlich) in den lateralen Schleifenkernen

---

*ist der Ausdruck ‚nötigt zu der Annahme‹, wie mich bedünken will, nur dazu angethan, einer Vermutung Raum zu geben.“*

Dieser Passus bedarf m. E. keines weiteren Kommentares, da es ja eo ipso auf der Hand liegt, dass es bei demselben sich lediglich um ein durchaus unpassendes und durch die Thatsachen in keiner Weise gerechtfertigtes Streben nach Priorität handeln kann.

*) Festschrift zur 150jährigen Stiftungsfeier der Universität Erlangen. Wiesbaden 1893.

**) Neurol. Centralbl. 1894 S. 5, und „Die hintere Wurzel des Acusticus und ihre primären Centren“, Inaug.-Dissert., Moskau 1894.

und in den Ganglien des unteren Vierhügels endigen, verlaufen teils in dem Corpus trapezoides, teils in der unteren Schleife.

5) In der Raphe kreuzen nur Fasern, welche zur Oberolive, zum Schleifenkern und zum unteren Vierhügelganglion der entgegengesetzten Seite hinziehen; die übrigen verbleiben auf derselben Seite.

6) Ausser Fasern der hinteren Wurzel sind im Trapezkörper und in der unteren Schleife noch solche aus dem vorderen Kern und aus dem Tuberculum acusticum enthalten.

7) Letztere Faserzüge verlaufen in Gesellschaft der Wurzelfasern und endigen an den nämlichen Orten wie diese, d. h. in den Oberoliven, den Schleifenkernen und den unteren Vierhügelganglien vorwiegend auf der ihrem Ursprung entgegengesetzten Seite.

8) In die in Rede stehenden Trapezfaserzüge gehen auch die Fasern des hinteren Abschnittes der Striae acusticae über, wobei von den wenigen daselbst vorhandenen Wurzelfasern abgesehen wird. Aus dem Nucl. anterior und vielleicht auch aus dem Tuberculum acusticum entspringend bilden sie den dorsalen Teil des Trapezkörpers und begeben sich ebenfalls zu der gleichseitigen, vor allem aber zu der anderseitigen Oberolive, um sich teilweise wahrscheinlich in die untere Schleife einzusenken.

9) Die untere Schleife enthält ausserdem Faserzüge aus der entsprechenden und, wie man annehmen muss, auch aus der kontralateralen oberen Olive. Dieselben gelangen aller Wahrscheinlichkeit nach zu dem unteren Vierhügel.

10) Das Corpus trapezoides und die untere Schleife stellen sich, indem sie alle obengenannten Faserzüge in sich aufnehmen, als centrale Wurzelbahn des Nervus cochlearis dar.

11) Der vordere Teil der Striae acusticae s. str. entsteht in dem Tuberculum acusticum, giebt hierbei einige Fasern zu dem vorderen Kern ab und geht zu der Oberolive und in Gesellschaft der unteren Schleife zum unteren Vierhügelganglion teils der entsprechenden, grösstenteils aber der entgegengesetzten Seite. Die Kreuzung der Striae in der Raphe liegt dorsal von dem Trapezkörper.

12) Die fraglichen Striae stellen höchstwahrscheinlich besondere centrale und gleichzeitig teilweise gekreuzte Assoziationsbahnen vor, welche mit den primären Centren der hinteren Wurzel innig zusammenhängen.

13) Die vordere Acusticuswurzel geht, soviel sich aus meinen in diesem Punkte unvollständigen Ermittelungen entnehmen lässt, teils zu dem *Bechterew*schen Kern, teils begiebt sie sich abwärts mit der aufsteigenden *Roller*schen Acusticuswurzel.

Meine eigenen Versuche an Hunden mit unilateraler Durchschneidung des ganzen Gehörnervs ergaben Atrophie beider Wurzeln,

Atrophie des Nucl. anterior und des Tuberculum acusticum, auffallende Atrophie des Trapezkörpers, sodann Atrophie der Striae acusticae *Monakow*, deutliche Atrophie der gleichseitigen und geringere der anderseitigen Oberolive, Atrophie des Trapezkerns und der unteren

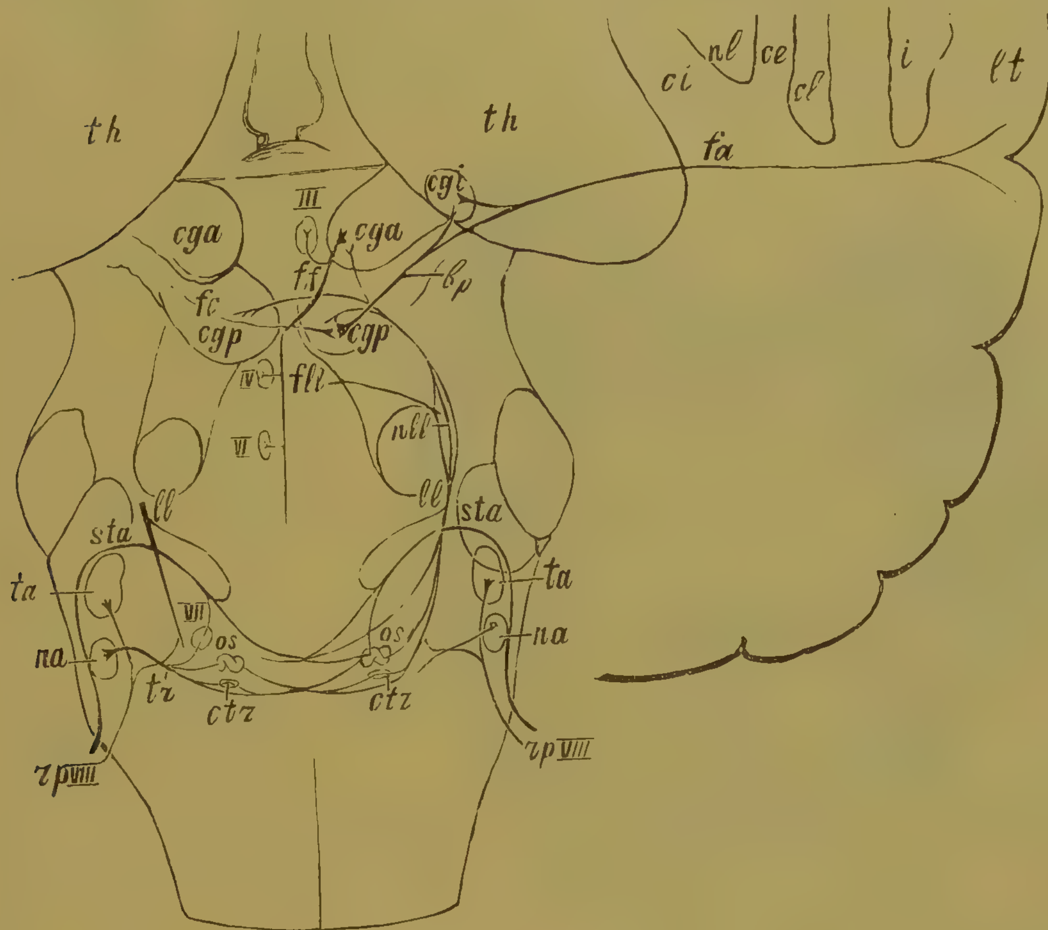



Fig. 150.

Die hintere Wurzel und die centralen Leitungsbahnen des Nervus acusticus. Schema. *rp VIII* hintere Wurzel des Acusticus; *na* Nucl. anterior; *ta* Tuberc. acusticum; *tr* Corpus trapezoideum; *ctr* Trapezkern; *VII* Facialiskern; *sta* Striae acusticae *Monakow*; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fll* Faserzug aus dem Kern der lateralen Schleife, medianwärts auf die andere Seite hinübergehend; *cgp* hinterer Vierhügel; *cga* vorderer Vierhügel; *bp* Brachium posticum; *cgi* hinterer oder medialer Kniehöcker; *fa* Acusticusbündel innerhalb der Grosshirnhemisphäre; *fc* Faserzüge, welche aus dem hinteren Vierhügelganglion auf die andere Seite gelangen und über dem Aquaeductus Sylvii kreuzen; *III, IV, VI* Kerne der entsprechenden Gehirnnerven; *ff* Faserzüge, welche aus der Gegend des vorderen Vierhügels in dessen tiefer Schicht herabsteigen und zwischen den rothen Kernen die fontainenartige Kreuzung bilden; *th* Thalamus opticus; *ci* Capsula interna; *nl* Nucl. lenticularis; *cl* Claustrum; *i* Insula Reilii; *lt* Schläfenwindungen (Gegend des Gehörcentrums).

Schleife. Ausserdem war entsprechend der Atrophie der vorderen Acusticuswurzel eine solche in der Gegend des Nucleus vestibularis und der absteigenden Acusticuswurzel zu verzeichnen.*)

Die an der Hand der Atrophiemethode gewonnenen Thatsachen bringen demnach in Betreff der centralen Acusticusbahnen im Ganzen

*) Der Vollständigkeit wegen ist nachzutragen, dass aus dem vorderen Acusticuskern nach *Cramers* Befunden Faserzüge in den Stiel der Flokke eintreten und so zur Rinde derselben gelangen.

eine Bestätigung dessen, was hierüber mittelst entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen ermittelt worden ist. Beide Verfahren führen augenscheinlich zu dem Schluss, dass als primäre Endkerne des Acusticus anzusehen sind der Nucl. anterior, das Tuberc. acusticum, die homo- und kontralateralen Oberoliven, die Trapezkerne, die kontralateralen Kerne der unteren Schleife und endlich die Ganglien des anderseitigen hinteren, nach *Held* auch jene des vorderen Vierhügels. Wenn wir zu dem Angeführten hinzufügen, dass der hintere Vierhügel, wie im Nachstehenden gezeigt wird, durch ein besonderes Fasersystem mit dem medialen Kniehöcker und mit der Rinde der ersten und zweiten Temporalwindung, welche bei dem Menschen das Gehörcentrum bergen, verbunden ist, so wird hierdurch unsere Vorstellung von der gesamten Bahn des Ramus cochlearis acustici wesentlich vervollständigt (Fig. 150), eine Vorstellung, welche dem obigen zufolge erst durch Einführung der Entwickelungs- und Atrophiemethode in die neurologische Forschung gewonnen werden konnte. Man wird zugeben, dass unsere gegenwärtigen Kenntnisse von den komplizierten und eigenartigen Verhältnissen der centralen Acusticusverbindungen ein glänzendes Zeugnis ablegen für die grosse Leistungsfähigkeit jener beiden gehirnanatomischen Methoden.

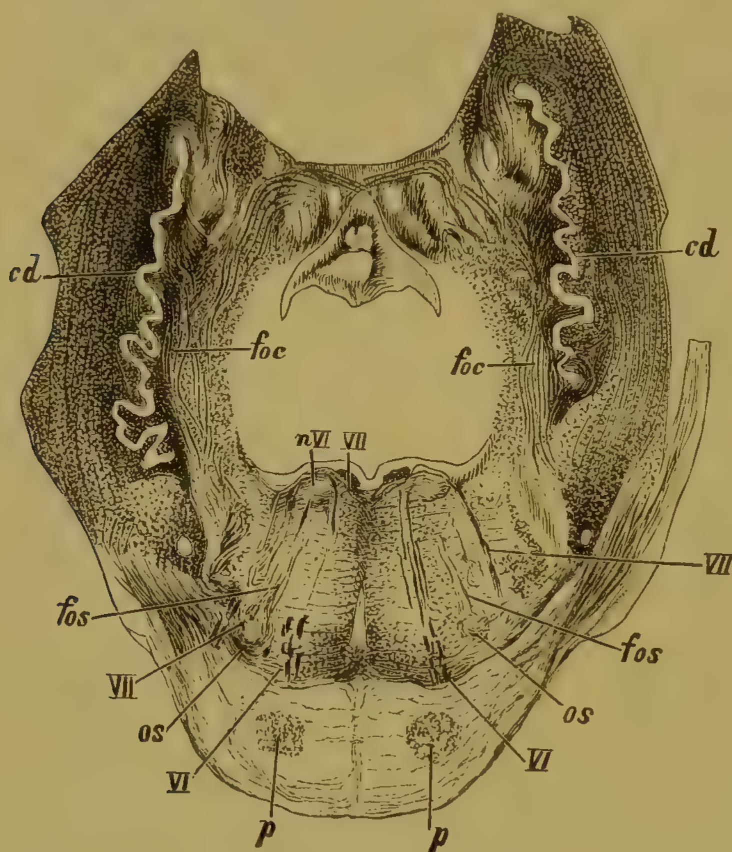


Fig. 151.
Schnitt durch die Brücke eines Neugeborenen. *cd* Corpus dentatum; *fos* Faserzug aus der Oberolive zum Nucleus nervi abducentis; *VII* Facialiswurzel; *os* Oliva superior, ventral davon sieht man Fasern des Trapezkörpers; *VI* Wurzelfasern des Nerv. abducens; *p* Pyramis; *foc* Faserbündel, von der Oberolive zum Dachkern hinaufsteigend und unterhalb dieses sich kreuzend; *nVI* Abducenskern. Behandlung nach *Pal*.

Wichtige vergleichend-anatomische Befunde tragen auch hier zur Festigung des auf anderem Wege Errungenen wesentlich bei. So berichtet *Spitzka* von einigen Cetaceen über ungemein starke Entwickelung der hinteren Gehörnervenwurzel, des Trapezkörpers, des hinteren Vierhügels und des medialen Kniehöckers.

Die Ursprungsverhältnisse der Wurzel des Nervus facialis enthalten heutzutage so wenig Strittiges, dass ich mich über dieselben hier nicht auszubreiten brauche. Ich bemerke nur, dass die Wurzel dieses Nerven nach Bildung des bekannten eigentümlichen Knies in der dorsalen Brückengegend über dem Kern des Abducens, sich zu einem grosszelligen Kern begiebt, welcher im ventralen Teil der Formatio reticularis einwärts von der aufsteigenden Trigeminuswurzel und dorsal von dem Trapezkörper seine Lage hat (Fig. 151).

Von dem Knie aus geht ein Teil der Facialiswurzel einwärts, überschreitet die Mittellinie und erreicht den anderseitigen Kern. Ich muss die Thatsache der Kreuzung eines Teiles der Facialiswurzeln gegenüber den gegenteiligen Behauptungen von *Bregmann*, *Lugaro* u. A. nach meinen eigenen Erfahrungen und im Hinblick auf die Ergebnisse neuerer Untersuchungen nach der Methode von *Marchi* mit grösster Entschiedenheit aufrecht erhalten. Eine von manchen Autoren angenommene Verbindung der Facialiswurzel mit dem Kern des Nerv. abducens wird gegenwärtig von den meisten Anatomen in Abrede gestellt. Nach *Edinger* gesellen sich zu dem Austrittsschenkel des Facialis Faserzüge der spinalen Trigeminuswurzel. Ferner nimmt die Facialiswurzel Fasern aus den angrenzenden Zellelementen in sich auf *(Laura)*.

Mit der vorstehenden Beschreibung stimmen die Ergebnisse verschiedener, den Facialis betreffender experimenteller Untersuchungen nach der Atrophiemethode in allen wesentlichen Punkten überein. In einem Falle von ulceröser Destruction der Pyramide hatte *Mayer* in letzterer Zeit Gelegenheit, den Verlauf des degenerierten Facialis beim Menschen nach dem Verfahren von *Marchi* zu untersuchen. Der Befund war hier im ganzen ein ähnlicher, wie er bei Tieren nach Zerstörung des Facialis entgegentritt; doch wird betont, dass eine kleine Anzahl von Fasern aus dem Facialiskern gegen die Raphe hin verlief, ohne übrigens nachweislich auf die andere Seite zu gelangen. Andererseits spricht sich *Flatau**), gestützt auf Untersuchungen der retrograden Facialisdegeneration nach *Marchi* im Gegensatze zu den Angaben von *Kljatschkin* mit aller Bestimmtheit für das Vorkommen einer gekreuzten Facialiswurzel beim Menschen aus.

Der Kern des Nervus facialis steht mit dem sensorischen Kern des Trigeminus in leitender Verbindung. Die betreffenden Fasern erreichen letzteren von der ventralen Seite her und erweisen sich an *Golgi*-Präparaten als Kollateralen von Neuriten der Substantia gelatinosa trigemini. Ferner hat er sehr nahe Beziehungen zu dem

*) Peripherе Facialislähmung mit retrograder Neurondegeneration. Zeitschr. f. klin. Medicin. 1897.

Trapezkörper und durch diesen zu der oberen Olive, also einem der Endkerne des Acusticus. Nach den Ermittelungen von *v. Kölliker* gelangen zum Facialiskern weiterhin Kollateralen aus den ventral von den austretenden Facialiswurzeln und dorsal von den Oberoliven gelegenen Resten der Seitenstränge. Eine andere Bahn verknüpft diesen Kern, wie oben bei Schilderung der Gehörleitung erwähnt wurde, mit der Trapezformation. Von den Beziehungen des Nucl. facialis zu den Pyramidensträngen wird weiter unten die Rede sein.

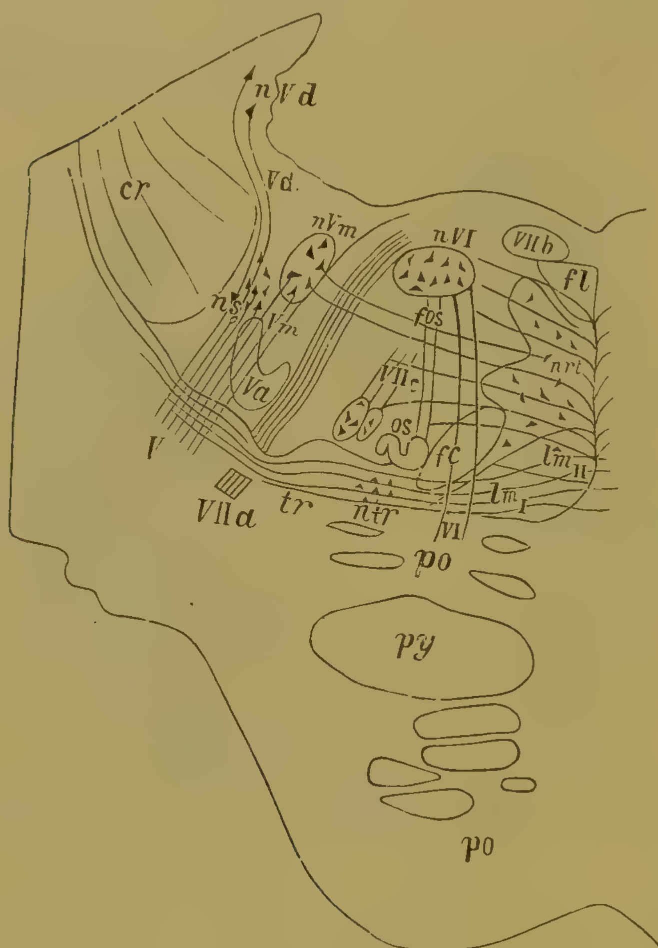



Fig. 152.

Die Faserung des Trigeminus, Abducens und Facialis. Schema. *cr* Corpus restiforme; *nVd* Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel; *Vd* absteigende Trigeminuswurzel; *ns* sensorischer Kern des Trigeminus; *nVm* motorischer Kern des Trigeminus; *V* Stamm des Trigeminus; *Vm* motorische oder vordere Wurzel des Nerv. trigeminus; *Va* aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *nVI* Kern des Abducens; *VI* Wurzel des Abducens; *VIIa* aufsteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIIc* absteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIIb* Knie der Facialiswurzel; *tr* Trapezkörper; *ntr* Trapezkern; *os* obere Olive; *fos* Faserzüge von der Oberolive zum Abducenskern; *fl* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *lmI*, *lmII* Schleifenschicht; *fc* centrale Haubenbahn; *po* Pons Varolii; *py* Pyramidenbahn innerhalb der Brücke.

Läsionen im Bereiche der aufsteigenden Wurzel des Facialis führen nach dem Zeugnis verschiedener Autoren nicht selten zu Degeneration des Knies und des absteigenden Teiles der Wurzel dieses Nerven. Andererseits zeigen mir eigene pathologische Beobachtungen, dass bei Läsionen des Facialiskerns in der Regel nahezu komplete Atrophie des Knies und des Austrittsschenkels der Wurzel auf der gleichen, und partielle Atrophie des letzteren auf der entgegengesetzten Seite sich entwickelt.

Weiterhin zwingt die klinische Beobachtung zu der Annahme zweier verschiedener Kerne für den oberen und unteren Facialisast. Der oben geschilderte Kern dient zweifellos zur Innervation des unteren Astes. Wo sich das Centrum für den oberen Ast findet, ist bislang mit Sicherheit nicht ermittelt worden; doch verdient hier volle Beachtung der Umstand, dass *E. Mendel* nach experimenteller Entfernung des oberen

Lides und des Musc. frontalis bei neugeborenen Tieren Atrophie im Kern des Oculomotorius auftreten sah; er schliesst hieraus auf Beziehungen dieses Kernes zu dem oberen Ast des Facialis und nimmt an, dass Faserzüge aus dem Oculomotorius auf der Bahn des hinteren Längsbündels zum Facialis gelangen sollen. Ich halte es indessen für richtiger, von einer endgiltigen Entscheidung der Frage für einmal noch abzusehen, umsomehr als die neuesten Untersuchungen von *Bregmann* mit Ausreissung des Nerv. facialis bezüglich Degeneration des hinteren Längsbündels zu völlig negativen Ergebnissen geführt haben, während

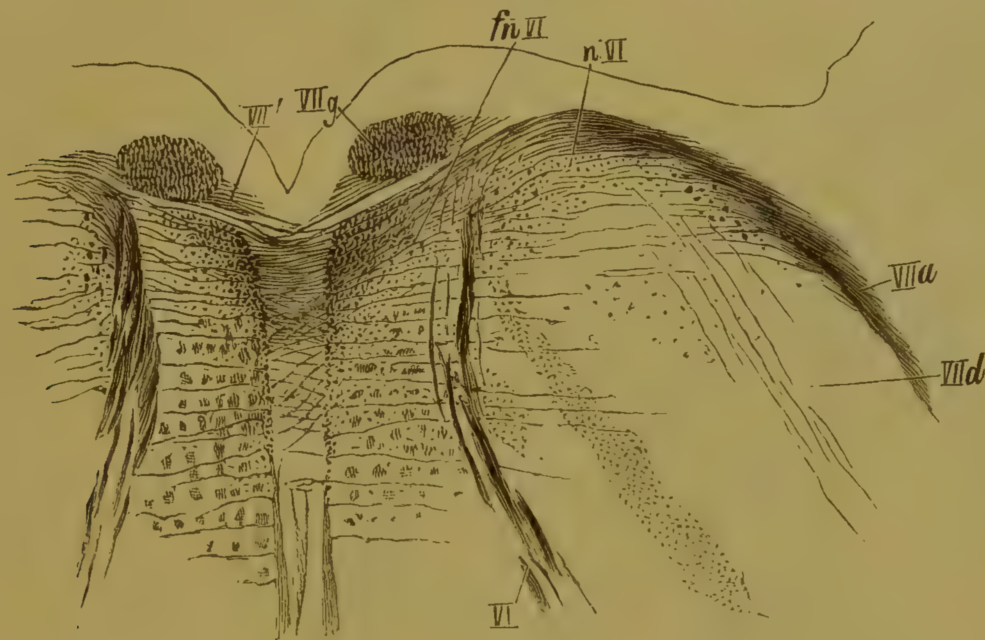



Fig. 153.

Durchschnitt in der Gegend des Abducenskerns, von einer 33 cm langen menschlichen Frucht. *Weigert*. *VIIa* aufsteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIId* absteigender Schenkel der Facialiswurzel; *nVI* Kern des Nerv. abducens; *fnVI* Faserzüge aus dem Abducenskern zum kontralateralen Fasciculus longitudinalis posterior; *VIIg* Knie der Facialiswurzel; *VII'* Facialisfasern, welche auf die andere Seite übertreten; *VI* Wurzelfasern des Abducens.

der Nerv. facialis selbst deutliche Zeichen von Faserentartung darbot.*)

Von den Wurzeln des Nervus abducens bemerke ich nur, dass sie auf der ihnen entsprechenden Seite in einen Kern eintreten, welcher in dem dorsalen Teil der Brückenhaube unter dem Knie des Facialis seine Lage hat (Fig. 151 und 152 *n VI*). Von einigen Autoren werden ausserdem Wurzelfasern angenommen, welche an dem genannten Kern

---

*) Der schon im früheren, bei der Darstellung der Glossopharyngeuswurzeln erwähnte Nervus intermedius Wrisbergii entsteht nach *v. Kölliker* in der den Fasciculus solitarius begleitenden grauen Substanz oberhalb des cerebralen Endes dieses Bündels. Er tritt aus dem Gehirn zwischen den Wurzeln des Facialis und Acusticus und gesellt sich nach seiner schliesslichen vollständigen Verschmelzung mit dem Facialis, zu dem Corpus geniculi, mit dessen Elementen auch die Chorda tympani Beziehungen eingeht.

vorbei zur Mittellinie und darauf zu dem kontralateralen Abducenskern gelangen; allein von dem Vorhandensein solcher Fasern wird man sich schwerlich überzeugen können, ja neuere Degenerationsversuche von *Bregmann**) weisen eine derartige Annahme mit Entschiedenheit zurück. Ebensowenig finden sich Beziehungen des Abducenskerns zu den Wurzeln des Facialis. Der Vollständigkeit wegen ist zu erwähnen, dass ein Teil der Abducenswurzel von *Held* an *Golgi*-Präparaten bis zu Zellen der Formatio reticularis verfolgt worden ist. Nach *Lugaro*s ebenfalls an

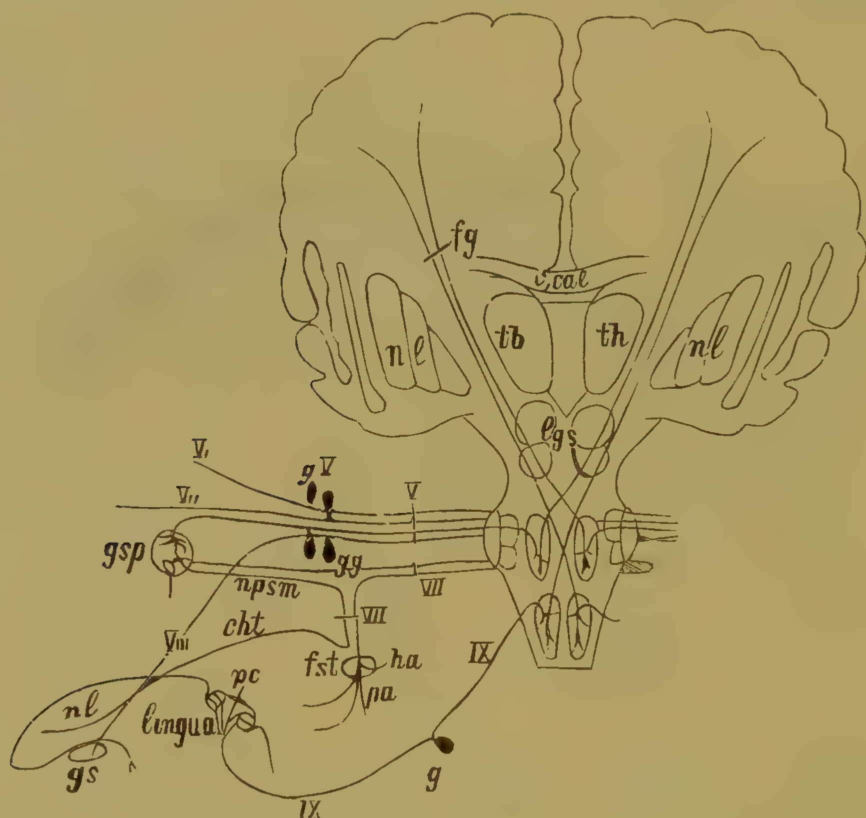



Fig. 154.

**Schematische Darstellung der peripheren und centralen Geschmacksleitung.** *gs* Glandula submaxillaris; *nl* Nervus lingualis; *pc* Papillae circumvallatae; *V, VII, IX* Wurzeln der entsprechenden Hirnnerven; $V_I$, $V_{II}$, $V_{III}$ die drei Äste des Nerv. trigeminus; *pa* Pes anserinus; *na* Nervus auricularis; *fst* Foramen stylo-mastoideum; *cht* Chorda tympani; *nps* Nervus petrosus superficialis major; *gsp* Ganglion spheno-palatinum; *gV* Ganglion Gasseri; *cal* Corpus callosum; *fg* Geschmacksbahnen zur Grosshirnrinde.

*Golgi*schen Präparaten erhobenen Befunden führt der Abducens ausser Fasern, welche in seinem eigentlichen Kern entspringen, auch solche Elemente, die aus lateral und ventral von jenem gelegenen Zellgruppen herkommen und eine Strecke weit in der Richtung der aufsteigenden Facialiswurzel verlaufen. Dieser Satz wird von *van Gehuchten* bestätigt. Aus dem Abducenskern sind ferner mit Sicherheit Faserzüge nach innen, zu der Gegend des hinteren Längsbündels zu verfolgen, wo sie nach den Ermittelungen von *Duval* und *Labord* zu den Kernen

*) Jahrb. f. Psychiatrie. Bd. XI.

des anderseitigen Oculomotorius aufsteigen. Während die von den soeben genannten Autoren aufgefundene Verbindung des Abducenskerns mit den Kernen des Oculomotorius bis anhin noch von keiner Seite eine Bestätigung erfahren hat, habe ich mich überzeugen können, dass aus der Gegend der Abducenskerne thatsächlich recht zahlreiche Fasern einwärts dem hinteren Längsbündel zustreben, dieses durchsetzen und nach geschehener Kreuzung in der Raphe in das hintere Längsbündel der anderen Seite hineindringen (Fig. 153). Derartige Fasern sind augenscheinlich geeignet, eine gekreuzte Verbindung des Abducenskerns mit dem Kern des Nerv. oculomotorius herzustellen, doch wird man in dieser Beziehung die Ergebnisse *Golgi*scher Untersuchung und solcher nach der Degenerationsmethode bei Anwendung der *Marchi*schen Färbung abzuwarten haben.

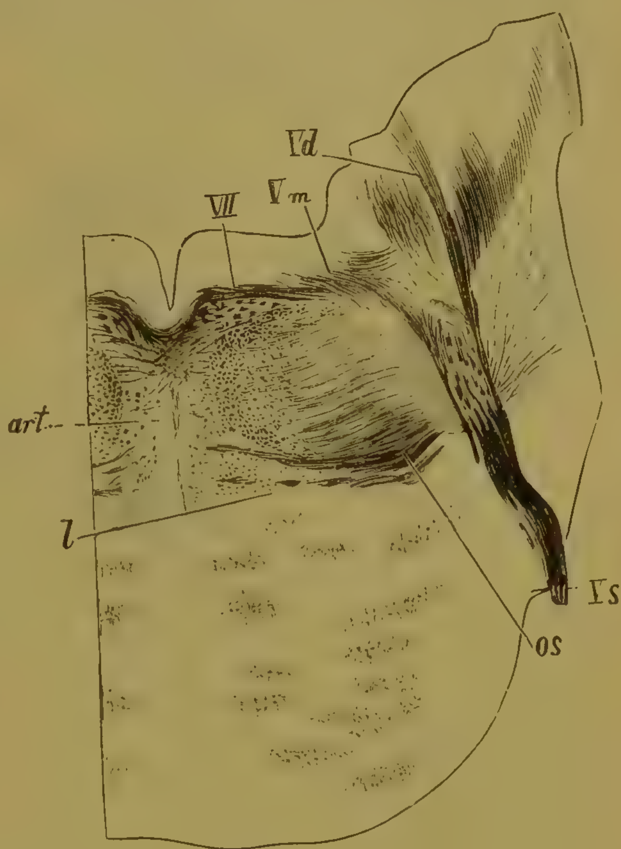



Fig. 155.

Durchschnitt aus dem Gehirn eines 9 Monate alten menschlichen Foetus. *l* Schleifenschicht; *art* Nucl. reticularis tegmenti pontis; *VII* Wurzelfasern, auf die andere Seite hinübergehend; *Vm* Fasern der motorischen Trigeminuswurzel, auf die andere Seite tretend; *Vd* absteigende Wurzel des Nerv. trigeminus; *Vs* grosse oder sensorische Wurzel des Trigeminus. Färbung nach *Weigert*.

Der Nervus trigeminus besitzt bekanntlich eine grössere sensorische und eine kleinere motorische Wurzel. Jene entspringt in den unipolaren Zellen des Ganglion Gasseri, diese begiebt sich an letzterem vorbei hirnwärts. Peripheriewärts vom Ganglion erscheint der Nerv. trigeminus in Gestalt seiner bekannten drei grossen Äste. Zwischen dem zweiten und dritten Aste besteht, wie die klinische Beobachtung unwiderleglich beweist, ein Austausch sensibler Elemente für die proximalen zwei Drittteile der Zunge. Die betreffenden Fasern verlaufen anfänglich mit dem Nerv. lingualis, gesellen sich hierauf mit der Chorda tympani zum Facialis und gelangen mit letzterem im Canalis Fallopiae zu dem Ganglion geniculi; durch Vermittelung des Nerv. petrosus superficialis major erreichen sie sodann das Ganglion sphenopalatinum des II. Trigeminusastes und gehen endlich in letzteren über (Fig. 154).

Die Endigung der genannten beiden Wurzeln des Nervus trige-

minus im Gehirn ist eine durchaus verschiedene. Die sensorische Wurzel (enthaltend die centralen Fortsatzäste der Unipolarzellen des Ganglion Gasseri) (Fig. 155 *Vs*) zerfällt nach ihrem Eintritte in die mittlere Region des Pons Varolii mindestens zum Teil in auf- und absteigende Äste. Jene endigen in dem kleinzelligen sogenannten sensorischen Kern des Trigeminus (Fig. 164 *nVs*, Fig. 152 *ns*), diese wenden sich abwärts und erreichen, von gelatinöser Substanz begleitet, die Gegend der Pyramidenkreuzung, um sich als sogenannte Radix ascendens des Trigeminus*) von hier noch weiter in den Halsteil des Rückenmarkes hinabzusenken (Fig. 156 und Fig. 160 *V*; Fig. 157 und 158 *Va*). Die Fasern der aufsteigenden Wurzel dringen, namentlich in der Gegend der Pyramidenkreuzung und im oberen Halsmark, durch die gelatinöse Substanz hindurch in der Richtung nach innen vor und endigen, analog den lateralen Hinterwurzelfasern, teils unmittelbar medial von der gelatinösen Substanz in der von dem Plexus der letzteren eingeschlossenen Zellgruppe, teils in Nervenzellen der Substantia gelatinosa selbst (Fig. 159).**)

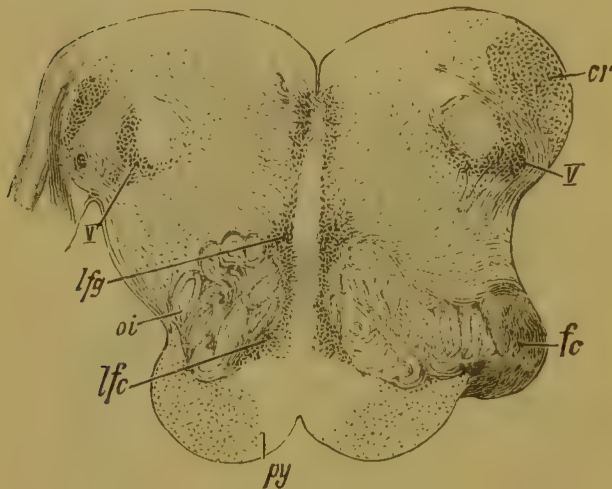



Fig. 156.
Durchschnitt des Gehirns einer menschlichen Frucht von 44 cm Länge. *V* Radix descendens trigemini; *lfg* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Nucl. funiculi gracilis; *lfc* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Keilstrangkern; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis; *fc* Anfangsteil der centralen Haubenbahn; *cr* Corpus restiforme. Färbung nach *Weigert*.

Wie man über Natur und Abstammung der Substantia gelatinosa auch denken mag, zweifellos ist immerhin, dass in derselben Nervenzellen vorkommen. Sie muss daher mitsamt den Zellen des Plexus substantiae gelatinosae als sensibler Kern des Trigeminus betrachtet werden. Der schon erwähnte sensorische Trigeminuskern in der Varolsbrücke ist aber ebenfalls nichts anderes, als ein verstärkter oberster Abschnitt der die Radix ascendens begleitenden gelatinösen Substanz. Es handelt sich also hier wie dort im Grunde

*) Sie wird von einigen neueren Autoren mit Rücksicht auf die Richtung ihrer Fasern als absteigende Wurzel bezeichnet, doch vermag ich in dieser Aenderung, da sie zu Verwechselungen mit der absteigenden motorischen Wurzel Anlass geben könnte, keine Verbesserung zu erblicken.

**) Bei gewissen Tieren (Hund, Katze u. a.) senkt sich die aufsteigende Trigeminuswurzel, wie experimentelle Atrophieuntersuchungen darthun, tief in das Halsmark hinab, ja sie kann noch abwärts von den Wurzeln des V. Cervicalnerven verfolgt werden (*Gudden* jun).

um das nämliche Gebilde. Die Beobachtung pathologischer Fälle lehrt, dass speziell in der aufsteigenden Quintuswurzel die sensiblen Gesichtsäste verlaufen. Auch ist zu erwähnen, dass einige Fasern der grossen bezw. sensorischen Wurzel den unten zu schildernden sogenannten motorischen Kern des Trigeminus unmittelbar erreichen.

Die aufsteigende (spinale) Wurzel sendet während ihres Verlaufes zahlreiche Kollateralen sowohl zu den Elementen der gelatinösen Substanz, als auch zu den motorischen Nervenkernen des Hypoglossus, Facialis u. s. w.

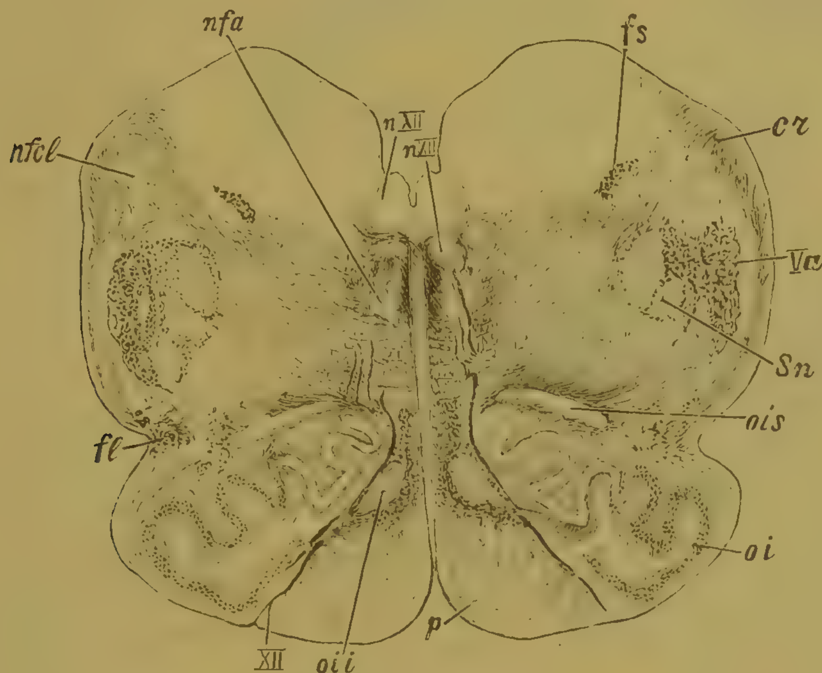



Fig. 157.

Querschnitt durch die Oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven. *fs* Fasciculus solitarius; *cr* Corpus restiforme; *Va* Radix ascendens Trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *ois* obere Nebenolive; *oi* untere oder grosse Olive; *p* Pyramide; *oii* mediale Nebenolive; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *fl* Aberrierendes Bündel der Oblongata; *nfcl* lateraler Kern des Keilstranges; *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

Durch neuere Untersuchungen wird dargethan, dass Durchschneidung des ersten Trigeminusastes beim Kaninchen Degeneration des ventralen, Durchtrennung des zweiten und dritten Astes — Degeneration des dorsalen Teiles der Schnittfläche der Radix ascendens zur Folge hat *(Bregmann)*. Nach den Angaben einiger Autoren enthält letztere, analog den hinteren Rückenmarkswurzeln, auch einzelne aufsteigend bezw. peripheriewärts entartende Fasern. Endlich wird auf das Vorkommen gekreuzter Elemente in der sensiblen Quintuswurzel hingewiesen und sollen solche in der Gegend des distalen Abschnittes der Substantia ferruginea über dem Boden des Ventrikels verlaufen, doch bedarf dieser Satz noch näherer Begründung.

Aus dem sensorischen Kern gehen in seiner ganzen Ausdehnung Bogenfasern nach innen ab, treten in die Raphe ein und mengen sich nach stattgehabter Kreuzung hierselbst der Schleifenschicht bei. Es sind diese Faserzüge nichts anderes als centrale Bahnen der sensorischen Trigeminuswurzel, von welchen im Folgenden eingehender gehandelt wird.

In der Gegend des vorderen Winkels der Rautengrube und des hinteren Vierhügels finden sich in der Seitenwand des Ventrikels an dem äusseren Rande der centralen grauen Substanz bläschenförmige Zellen, welche der sogenannten absteigenden Wurzel des Nerv. trigeminus zum Ursprunge dienen. Von hier begeben sich die absteigenden Wurzelfasern zu der gemeinsamen Trigeminuswurzel und treten mit ihr nach aussen.*) Eine direkte Beziehung dieser absteigenden Wurzel zu der Rinde des Kleinhirns, wie sie

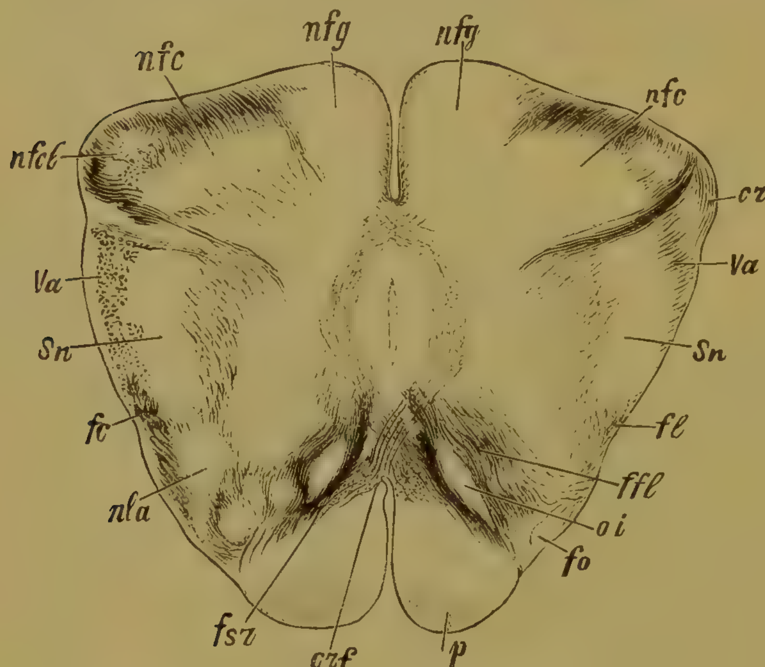



Fig. 158.

Querschnitt durch das verlängerte Mark eines 6—7 monatigen menschlichen Foetus in der Nähe des unteren Teiles der grossen Oliven. *nfg* Kern des *Goll*schen Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *cr* Anfangsteil des Corpus restiforme; *Va* aufsteigende Trigeminuswurzel; *Sn* Substantia gelatinosa; *oi* unterer Teil der Olive; *fo* Olivenstrang; *p* Pyramide; *crf* hintere Kreuzung mit Fasern aus den Keilstrangkernen; *ffl* Fasern aus dem Seitenstranggrundbündel; *fsr* Fasern des Vorderseitenstranggrundbündels; *fl* aberrierendes Bündel; *nla* vorderer Seitenstrangkern; *nfcl* lateraler Keilstrangkern; *fc* Kleinhirnbündel. Färbung nach *Weigert*.

---

*) Nach den Angaben von *Meynert* tritt die Radix descendens zu der grossen bezw. sensorischen, nach der Annahme anderer Autoren — zu der kleinen oder motorischen Wurzel. Meine eigenen Untersuchungen sprechen mehr zu Gunsten der erstgenannten Ansicht. Eine endgiltige Erledigung dieser Frage wird meines Erachtens nur an der Hand der Atrophiemethode zu erzielen sein und zwar mittelst successiver Durchschneidung des sensiblen und motorischen Astes des Trigeminus. Derartige Beobachtungen sind in neuerer Zeit von *Bregmann* gemacht worden, und es ergab sich hierbei, dass nach Durchschneidung des motorischen Astes Degeneration der Portio minor und der Radix descendens trigemini erfolgt. Uebrigens leitet *Held* auf Grundlage späterer Untersuchungen einen Teil der sensorischen Trigeminuswurzel aus Zellen des Locus coeruleus ab, wogegen *Mendel* bezüglich des Hinzutrittes der Radix descendens trigemini zu der sensorischen Wurzel dieses Nerven mit mir der gleichen Ansicht ist.

von einigen Autoren behauptet worden ist, kann gegenwärtig als ausgeschlossen betrachtet werden.

Zu der Radix descendens stehen augenscheinlich auch die Zellen der Substantia ferruginea in näheren Beziehungen; sie liegen in unmittelbarer Fortsetzung der erwähnten bläschenförmigen Elemente der absteigenden Wurzel. Für das Vorhandensein jener Beziehungen zeugt die Beobachtung *Mendels*, welcher zufolge in einem Falle von progressiver Atrophia facialis neben Degeneration von Trigeminusfasern Atrophie der Zellen der Substantia ferruginea sich vorfand. Andere Angaben weisen auf einen Zusammenhang von Wurzelfasern des Trigeminus nicht nur mit Elementen der gleichseitigen, sondern auch mit solchen der anderseitigen Substantia ferruginea hin. Indessen werden diese Verbindungen, was die sensible Wurzel betrifft, neuerdings wieder als zweifelhaft hingestellt (*Kljatschkin**). — Es sei hier noch erwähnt, dass die Radix descendens da, wo sie an dem motorischen Trigeminuskern vorbeizieht, diesem zahlreiche, in reiche Endverästelungen übergehende Kollateralen zusendet (*Lugaro, Ramón y Cajal*).




Fig. 159.

Substantia gelatinosa nervi trigemini nebst einem angrenzenden Teil der Formatio reticularis. *Golgi*. Nach Präparaten von *F. Teljatnik*. *sn* Substantia gelatinosa; *nV* Gegend der aufsteigenden Trigeminuswurzel; *c, c, c* Neuraxonen von Zellen der nachbarlichen Formatio reticularis.

Die kleine oder motorische Wurzel des Nervus trigeminus (Fig. 162, 164) verläuft nach innen und vorne von der vorigen und endigt teils auf der nämlichen Seite in dem scharf abgegrenzten grosszelligen motorischen Kern (Fig. 164 *n Vm*), teils überschreitet sie unter dem Boden der Rautengrube die Mittellinie, doch bleibt es unentschieden, ob der hinzugehörige Kern der anderen Seite erreicht

*) Materialien zu der Lehre von dem Ursprunge und dem centralen Verlaufe des VII., IV., X., XI. und XII. Nervenpaares.

wird. Die gekreuzten Wurzelfasern sollen den medialen, die ungekreuzten den lateralen Abschnitten des Kerns entstammen. Der Stamm der motorischen Wurzel nebst dessen Radix descendens findet demnach seine Endigung in dem motorischen Trigeminuskern, den Elementen der Substantia ferruginea und den erwähnten dorsal von letzterer gelegenen bläschenförmigen Zellen.*)

Der eigenartige Verlauf des intracerebralen Abschnittes des Nervus trochlearis (Fig. 165 und 166 *IV*) ist am fötalen Hirn leicht zu

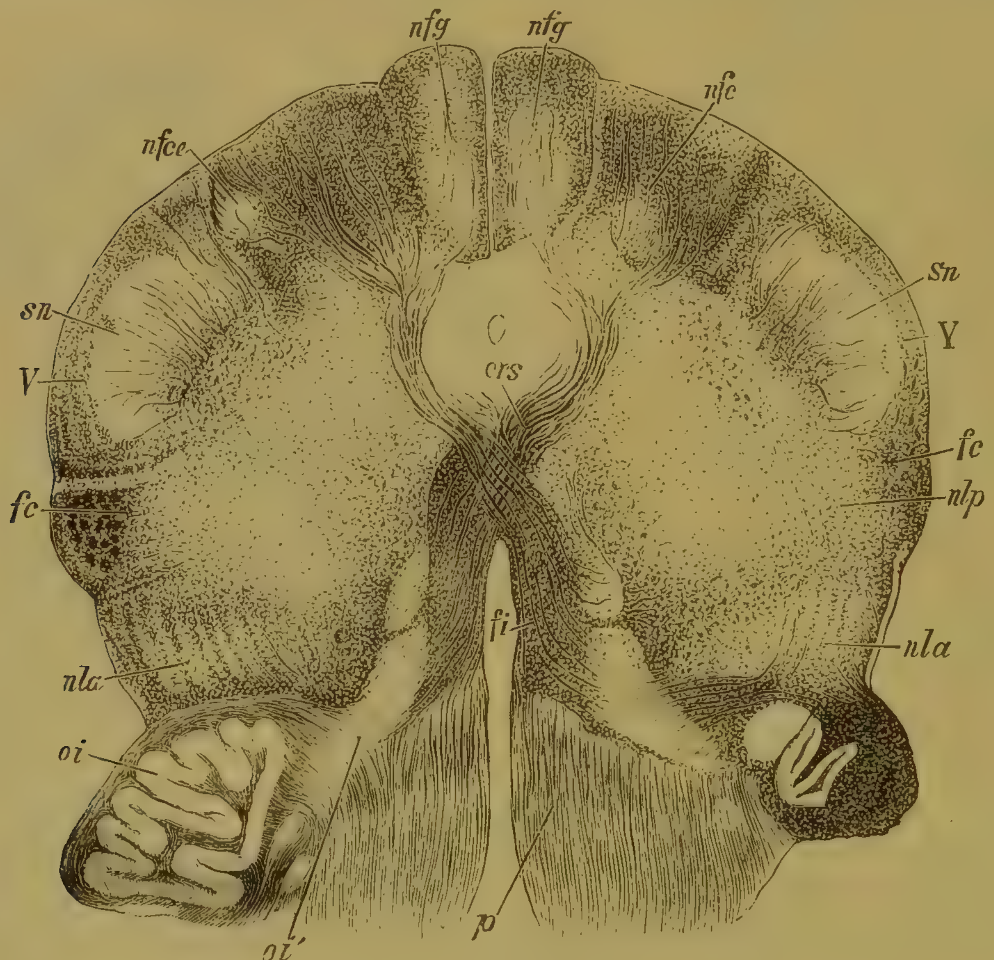



Fig. 160.

Medulla oblongata in der Höhe der Schleifenkreuzung. *p* Pyramide; *oi* untere Olive; *oi'* Nebenolive; *nla* vorderer Seitenstrangkern; *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *V* Trigeminus; *Sn* Substantia gelatinosa; *nfce* ein Teil des lateralen Kernes des Keilstranges; *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *crs* hintere oder obere Kreuzung; *fi* Olivenzwischenschicht. Nach aussen von *crs* und *fi* findet sich die Substantia reticularis grisea.

verfolgen; der Nerv erscheint hier bereits myelinhaltig zu einer Zeit, wo die nachbarlichen Hirnteile der Markscheiden noch ganz entbehren oder nur wenig markhaltige Nervenfasern aufweisen. Man gewinnt bei der Durchmusterung solcher fötaler Präparate unschwer die Überzeugung, dass die Fasern des Trochlearis sich, entgegen der Behauptung

*) Bei den elektrischen Fischen hat sich der motorische Trigeminuskern zu einem besonderen Hirnabschnitt, dem sogenannten Lobus electricus, entwickelt.

*Mauthners*, innerhalb des Velum medullare anticum kreuzen, und zwar ist die Kreuzung eine totale und nicht, wie einige Autoren (*Obersteiner* z. B.) annehmen, nur eine partielle. Jedenfalls sind ungekreuzte Fasern mittelst der Methoden von *Weigert* und *Pal* nicht nachweisbar an fötalen Hirnen, wo sämtliche periphere Nerven, den Trochlearis nicht ausgenommen, sich so ungemein scharf von den umgebenden marklosen Teilen abheben.

Nach stattgehabter Kreuzung verlaufen die Fasern des Nervus trochlearis eine kurze Strecke weit in Gestalt eines rundlichen Stranges in aufsteigender Bahn medial von der Radix descendens trigemini, wenden sich sodann nach und nach einwärts und ziehen endlich in der Gegend der hinteren Grenze des Fasciculus longitudinalis dorsalis fast geradenwegs von aussen nach innen. So gelangen sie zu einem Kern, welcher teils dorsal, teils medial von dem hinteren Längsbündel seine Lage hat, um hier zum grossen Teil zu endigen.*) Der Kern enthält ziemlich ansehnliche multipolare Nervenzellen und geht, wie fast allgemein angenommen wird, ununterbrochen in den Kern des Oculomotorius über; aus diesem Grunde haben ihn *Westphal* und *Simerling***) als Nucl. ventralis posterior nervi oculomotorii beschrieben. Gegen die Hinzugehörigkeit dieses Kerns zu dem Nerv. oculomotorius hat sich neuerdings *Kausch****) geäussert und ich muss ihm hierin mit Rücksicht auf meine eigenen Befunde durchaus beistimmen.




Fig. 161.

Aus einem Querschnitt zwischen hinterem Vierhügel und Kleinhirn vom Neugeborenen. *fd* dorsales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *fm* mediales Bündel, *fv* ventrales Bündel des letzteren; *V'* Radix descendens n. trigemini; *sf* Substantia ferruginea; *flp* hinteres Längsbündel; *ffm* Fasern der Formatio reticularis zum oberen Centralkern und zum Nucl. reticularis; *ncs* Nucl. centralis superior; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *lm* Lemniscus; *os* Oliva superior; *bll* laterale Schleife.

In unmittelbarer Nachbarschaft des soeben erwähnten Kerns, dorsal und teilweise dorsolateral von ihm findet sich innerhalb der centralen grauen Substanz ein anderer aus ziemlich grossen abgerundeten Nervenzellen bestehender Kern. Von *Westphal* und *Simerling* als Hauptkern des Trochlearis aufgeführt, steht er indessen offenbar in keinem Zusammenhang mit diesem Nerven. Nach den Angaben von *Kausch* gehört er zu den

---

*) Nach *Kausch* geht ein kleiner Teil des Trochlearis entweder in das hintere Längsbündel über oder er tritt auf die andere Seite.

**) Arch. f. Psychiatrie. Bd. XXII Suppl.

***) Neurol. Centralblatt 1894 No. 14.

Kernen der centralen grauen Substanz.*) Ebensowenig scheint die von *Westphal* als hinterer kleinzelliger Trochleariskern beschriebene rundliche Anhäufung kleiner Nervenzellen, welche dem kaudalen Teile des soeben beschriebenen Kerns direkt angrenzt, zu dem Nervus trochlearis in Beziehung zu stehen.**)

Der Nervus oculomotorius entspringt aus mehreren Kernen in der Höhe des vorderen Vierhügels. Sowohl bezüglich der Oculomo-

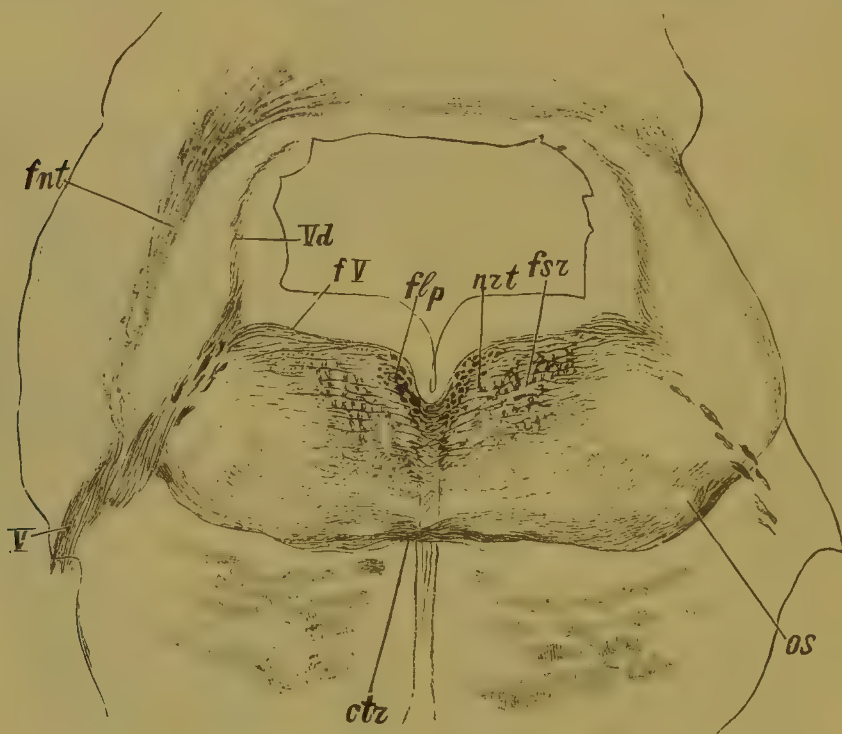



Fig. 162.

**Durchschnitt im unteren Teile der Brücke von einem 6—7 Monate alten menschlichen Embryo.** Man erkennt, wie markhaltige Fasern der Formatio reticularis *(fsr)* dem Nucleus reticularis *(nrt)* zustreben; *os* obere Olive; *ctr* Trapezkörper; *V* Nerv. trigeminus; *fnt* Faserzug aus der oberen Olive zum Dachkern des Cerebellum; *rd* absteigende Quintuswurzel; *flp* hinteres Längsbündel.

toriuskerne, als auch in betreff der Frage, ob die Wurzelfasern des Oculomotorius Kreuzungen eingehen oder nicht, giebt es in der Litteratur so zahlreiche Kontroversen, dass es mich zu weit führen würde, die Ansichten der verschiedenen Forscher, die sich mit dem Studium der Kerne und des Verlaufes der Oculomotoriuswurzeln beschäftigt haben (ich nenne nur *Duval*, *Meynert*, *Merkel*, *v. Gudden*, *Perlia*, *van Gehuchten*, *v. Kölliker*, *Mendel*, *Edinger*, *Westphal*, *Bernheimer*) hier auch nur in grösster Kürze namhaft zu machen, und beschränke ich mich darauf, meine eigenen bezüglichen Befunde mitzuteilen.

*) Die Bedeutung dieses Kerns zu ermitteln bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

**) Zarte Faserzüge treten aus dem Kleinhirn durch die Lingula und gesellen sich cerebralwärts dem Nervus trochlearis (*J. Stilling*).

Gestützt auf Untersuchungen des jugendlichen und fötalen menschlichen Gehirns vermochte ich festzustellen, dass dem Nervus oculomotorius im ganzen vier verschiedene Kerne entsprechen: zwei grössere — ein paariger und ein unpaarer — und zwei kleinere, accessorische paarige Kerne.

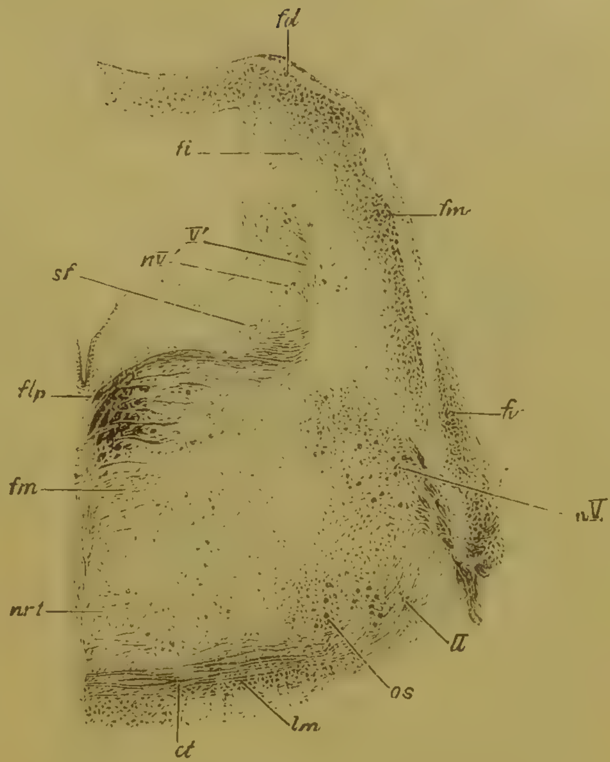



Fig. 163.

Aus einem Querdurchschnitt zwischen Kleinhirn und hinterem Vierhügel von einem ausgetragenen Neugeborenen. Dieselben Bezeichnungen wie Fig. 161.

Zu den ersteren gehört vor allem der Hauptkern (hinterer Kern autt.). Er findet sich unter dem vorderen Vierhügel beiderseits von der Mittellinie und erscheint auf Querschnitten halbmondförmig (Fig. 168—172 *nd*). Der Grösse nach der ansehnlichste von allen Kernen des Oculomotorius, enthält er mittelgrosse, stark verzweigte Nervenzellen inmitten eines dichten Geflechtes feiner Fäserchen. Von der lateralen und ventralen Seite her stossen an ihn unmittelbar die Fasern des hinteren Längs-

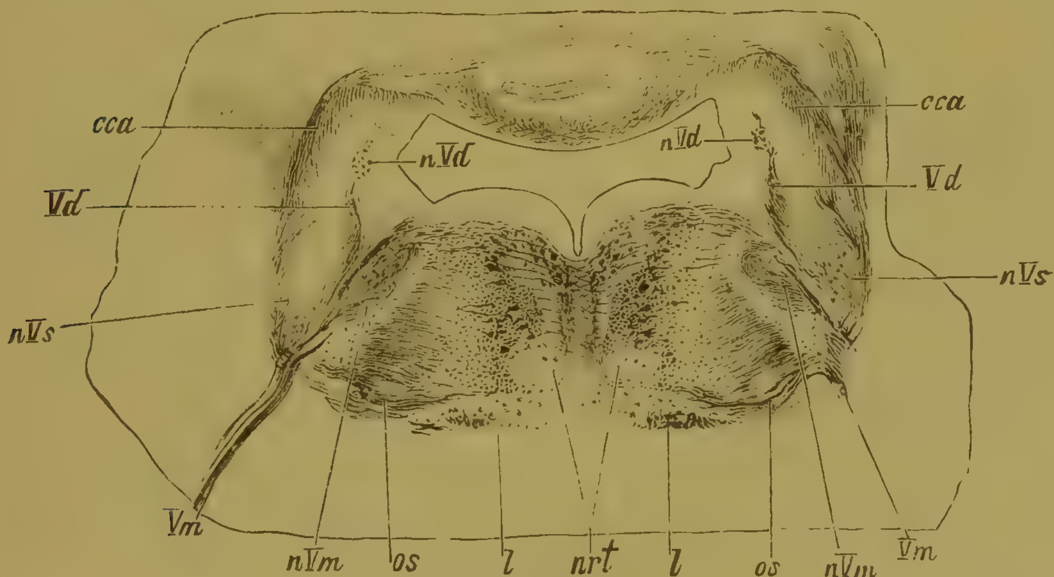



Fig. 164.

Schnitt aus dem Gehirn einer 9monatigen menschlichen Frucht. *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *Vd* Radix descendens trigemini; *nVs* sensorischer Kern des Trigeminus; *Vm* motorische Trigeminuswurzel; *nVm* motorischer Kern des Trigeminus; *os* Oliva superior; *l* Schleifenschicht; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *nVd* bläschenförmige Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel. Behandlung nach *Weigert*.

bündels; ja ein Teil seiner grauen Substanz kommt ventrolateral von letzterem zu liegen. Infolge dieses Verhaltens erwecken Querschnitte den Anschein, als durchsetze das hintere Längsbündel den ventrolateralen Abschnitt des Kerns. Mit ihren medialen Rändern berühren sich die beiderseitigen Hauptkerne und gehen mit ihren ventro-medialen Teilen bis zu einem gewissen Grade ineinander über.

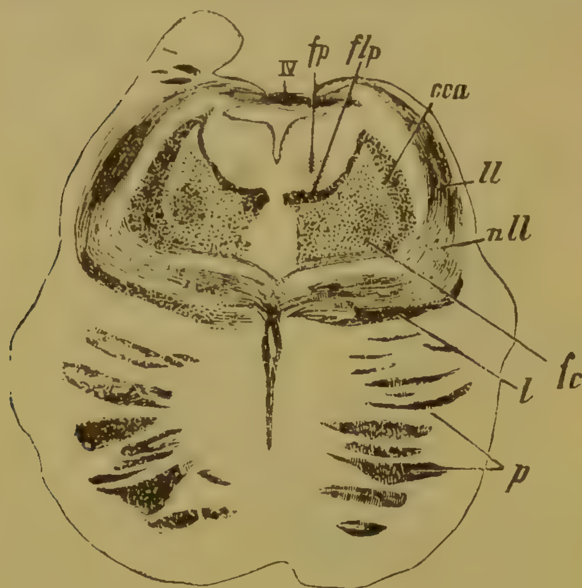



Fig. 165.

Von einem einige Wochen alten Kinde. Der Schnitt ist hinter den Vierhügeln hindurchgelegt. *IV* Trochleariswurzel, über dem Aquaedukt kreuzend; *fp* Gegend des hinteren Längsbündels von *Schütz*; *flp* hinteres Längsbündel; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fc* centrale Haubenbahn; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn.

In der Ebene des mittleren und vorderen Drittels dieses Kernes erscheint ein besonderer, durch den Gehalt an grossen Nervenzellen ausgezeichneter unpaarer medialer Kern; derselbe liegt in der Mittellinie zwischen den beiderseitigen Hauptkernen und tritt den letzteren gegenüber an Grösse wesentlich zurück (Fig. 168 *nam*, Fig. 169 und 170 *nm*).

Dorsal bezw. dorsolateral von dem Hauptkern, mit diesem teilweise noch zusammenhängend, hat ein kleineres paariges Kerngebilde (Fig. 168 *nad*, Fig. 170 *na*) seine Lage. Endlich findet sich in der Gegend der vorderen Abschnitte des Hauptkerns und vor dem medialen Kern zu beiden Seiten der Mittellinie je ein kleiner Kern von abgerundeten Kontouren (Fig. 166 *na'*). Die beiden zuletzt genannten Kerne, welche ich als accessorische Oculomotoriuskerne bezeichne, enthalten zarte, spät sich ummarkende Wurzelfasern und sind daher am besten an Gehirnen älterer Foeten darstellbar.

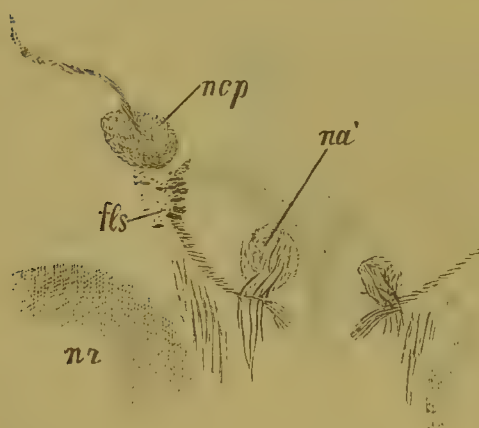



Fig. 166.

Teil eines Durchschnittes im Niveau des roten Kerns dicht vor dem Hauptkern des Oculomotorius. *nr* roter Kern; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *na'* antero-medialer accessorischer Kern des Oculomotorius; *fls* Ende des hinteren Längsbündels.

Vorne-dorsal hebt sich ein Stück des Hauptkerns mehr oder weniger von der übrigen Masse des letzteren ab, ohne im übrigen eine selbständige Bildung darzustellen (Fig. 169).

Eine Gruppe kleinerer Nervenzellen liegt nach der Beschreibung

*Westphals* und *Edingers* dorsal von dem medialen Kern beiderseits von der Mittellinie und zeigt lateralwärts etwas wechselnde Grenzen. In Betreff der Beziehungen dieser Zellgruppe zu meinen accessorischen Kernen vermag ich mich nicht in bestimmterer Weise zu äussern, jedenfalls aber steht dahin, inwiefern sie als Ursprungskern des Nervus oculomotorius in Betracht kommt.

In der Gegend des vorderen Teiles des Hauptkerns stösst man dorsolateral und in einiger Entfernung von diesem an dem lateralen Rande der centralen grauen Substanz auf einen weiteren grauen Kern von mässigem Umfange (Fig. 116 und 166 *ncp*). Es ist dies jener Kern, welchen *Darkschewitsch* irrtümlich für den oberen Kern des Oculomotorius erklärt, ohne dass derselbe mit den Wurzeln dieses Nerven thatsächlich etwas zu thun hätte, in welcher Beziehung ich mich mit den betreffenden Hinweisen von *v. Kölliker* und den neuesten Ermittelungen von *Bernheimer* völlig einig finde. Der in Rede stehende Kern gehört zweifellos dem ventralen Abschnitt der hinteren Kommissur an, dessen Faserung, wie ich zuerst nachgewiesen habe, sich sehr frühzeitig entwickelt und bereits bei Früchten von 28 bis 30 cm Länge myelinhaltig erscheint.

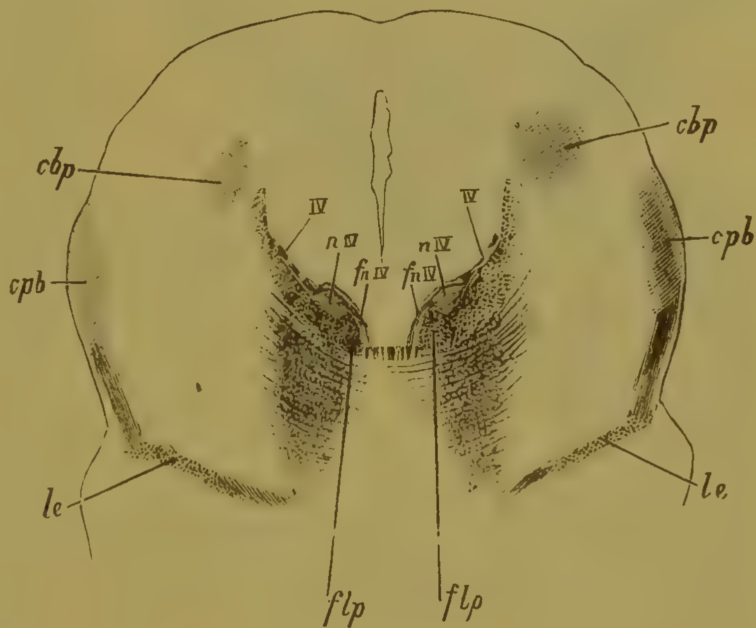



Fig. 167.

Schnitt aus dem Gehirn eines 6 Monate alten menschlichen Embryo. *cbp* hinteres Vierhügelganglion; *cpb* Corpus parabigeminum s. Nucl. lemnisci lateralis; *le* äusserer Abschnitt der Hauptschleife, Faserzüge aus den Keilstrangkernen enthaltend; *flp* Fasciculus longitudinalis posterior; *IV* Wurzeln des N. abducens; *nIV* Kern des Abducens; *fnIV* Faserzüge aus letzterem zu der Gegend des hinteren Längsbündels.

Die Kerne des Oculomotorius bestehen *Golgi*schen Präparaten zufolge aus mittelgrossen verästelten Zellen von mannigfacher Gestalt; ihre Neuriten gehen ohne Unterbrechung in Wurzelfasern über und geben keine Kollateralen ab.

Ein grosser Teil der Oculomotoriusfasern kommt aus den Kernen der entsprechenden Seite, verbleibt also ungekreuzt. Eine gewisse Anzahl aber gelangt zweifellos zur Kreuzung und erreicht so die entgegengesetzte Seite. Für das Kaninchen ist letztere Thatsache zuerst von *Gudden* an der Hand von Atrophieversuchen nachgewiesen

worden; jedoch auch beim Menschen lässt sich, besonders an fötalen Hirnen, Kreuzung eines Teiles der Oculomotoriusfasern direkt beobachten (Fig. 172).

Genauere Untersuchungen bezeugen, dass der Kreuzung wesentlich nur die hinteren bogenförmig nach aussen tretenden Wurzelfasern des Oculomotorius unterliegen, während sämtliche mehr nach vorne gelegenen Wurzelfasern zu den ungekreuzten gehören. Jene entspringen in der hinteren Hälfte des Hauptkerns, diese in dessen vorderer Hälfte, in dem medialen und in beiden accessorischen Kernen. Einige Autoren *(Duval, Laborde)* halten dafür, dass eine Kreuzung von Oculomotoriusfasern überhaupt nicht vorkomme und dass die in der Gegend der Oculomotoriuskerne anzutreffenden gekreuzten Fasern Bestandteile des hinteren Längsbündels seien. Ja *Testut* bildet direkt Fasern ab, welche aus dem Abducenskern unmittelbar in den Stamm des Oculomotorius übergehen sollen. Diese Darstellung der Verhältnisse wird indessen von den Ergebnissen der Entwickelungs- und Atrophiemethode in keiner Weise gestützt und daher von anderen Autoren mit Recht beanstandet.

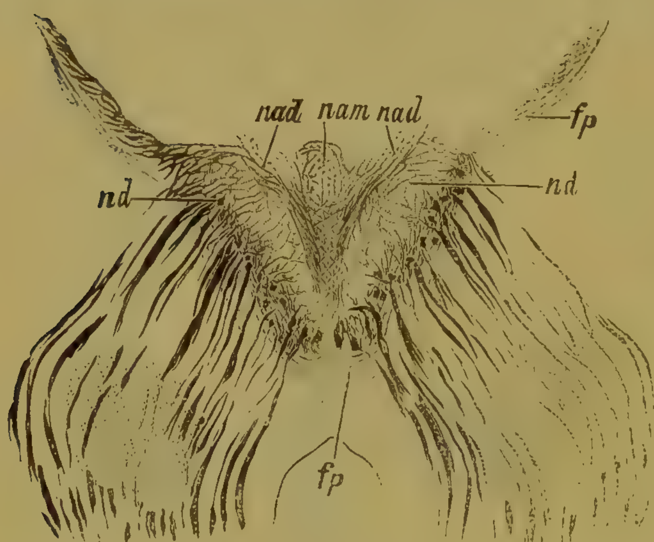



Fig. 168.

Schnitt durch die Gegend der Oculomotoriuskerne. *nd* lateraler oder hinterer Kern des Oculomotorius; *nam* medialer Kern; *nad* accessorische Kerne; *fp* ein Bündel der tiefen Markschicht des Vierhügels, an die Kerne des Oculomotorius herantretend.

Für die Frage nach den näheren Beziehungen der vorhin geschilderten Kerne zu der Innervation der Augenmuskeln sind Beobachtungen von Ophthalmoplegien mit genauen pathologisch-anatomischen Erhebungen ganz besonders belangreich. Leider ist die Zahl solcher Beobachtungen bis jetzt nicht gross genug, um in der erwähnten Hinsicht zu sicheren Schlussfolgerungen zu berechtigen.

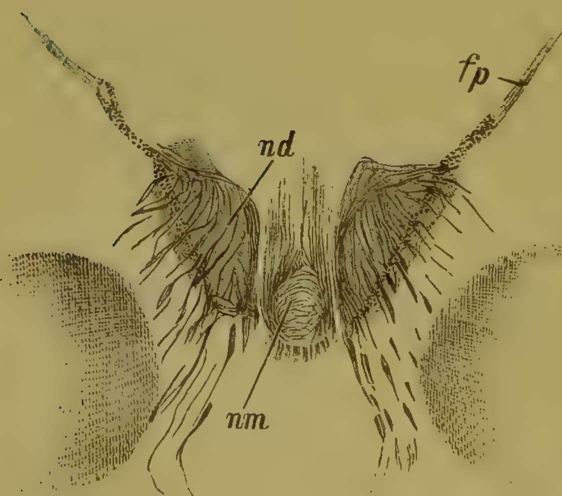



Fig. 169.

Schnitt durch die Gegend der Oculomotoriuskerne. *nd* lateraler oder hinterer Kern; *nm* medialer Kern; *fp* wie in Fig. 168.

Nach den Ermittelungen von *Kahler*, *Pick* und *Starr* liegen die Pupillen- und die Akkommodationsfasern des Oculomotorius mehr nach vorne, entspringen somit aus dem sogenannten vorderen oder oberen Kern; die hinteren Wurzelfasern hinwiederum sind für die äusseren Augenmuskeln bestimmt und zerfallen in eine seitliche Gruppe für den Levator palpebrae, den Rectus superior und Obliquus inferior, und eine mediale Gruppe für den Rectus internus und Rectus inferior. Da jedoch, wie oben gezeigt wurde, der sogenannte vordere bezw. obere Kern mit dem Oculomotorius in keinen Beziehungen steht, so wird auch seine Bedeutung für die Irisbewegungen bezw. für die Akkommodation hinfällig. Es ist sehr möglich, dass die erstgenannte Muskelgruppe von den accessorischen Kernen, die zweite von dem Hauptkern und dem medialen Kern aus ihre Innervation erhält.*)

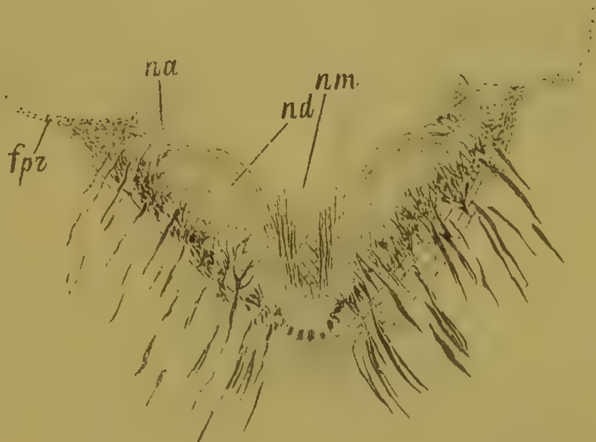



Fig. 170.

Schnitt durch die Gegend der Oculomotoriuskerne. *nd* hinterer oder Hauptkern; *nm* medialer Kern; *na* accessorischer Kern, nach hinten-aussen vom Hauptkern gelegen; *fpr* Faserbündel der tiefen Markschicht des Vierhügels, teilweise zum accessorischen Kern hinziehend.




Fig. 171.

*nd* hinterer oder Hauptkern; *ocul* Wurzeln des Oculomotorius; *fpr* Faserzüge der tiefen Markschicht des Vierhügels, zu dem medialen Kern vordringend; *fls* hinteres Längsbündel, quer getroffen. Vom Foetus. *Weigert*sche Färbung.

*) Wie an einem früheren Orte erwähnt, erzielte *Mendel* bei jugendlichen Tieren durch Exstirpation des oberen Lides mitsamt dem Musculus frontalis konsekutive Atrophie des homolateralen Oculomotoriuskerns. Es erhellt aus diesem Versuch, dass die Innervation des Musc. levator palpebrae superioris durch ungekreuzte Oculomotoriusfasern vermittelt wird. Auf den nämlichen Versuch gestützt glaubte *Mendel* ferner annehmen zu dürfen, dass auch die Fasern des oberen Facialisastes aus dem genannten Kern entspringen und auf der Bahn des hinteren Längsbündels das Knie des Nerv. facialis erreichen. Jedoch sind mit dieser Anschauung einerseits die vorhandenen klinischen Beobachtungen schwer in Einklang zu bringen, andererseits fand sich in den schon besprochenen Versuchen von *Bregmann* (Jahrb. f. Psych., Bd. XI, Heft 1 und 2) mit Facialisausreissung keine Spur von Degeneration in dem dorsalen Längsbündel, obgleich der Facialis deutliche Entartungserscheinungen darbot.

Mit Bezug auf den Levator palpebrae mag noch erwähnt werden dass Ptosis in vielen Fällen bei Zerstörung des lateralsten Abschnittes des Hauptkerns zur Beobachtung gelangte. Hier würde somit der Ursprung des N. palpebralis superior zu suchen sein.

Was die Frage nach der topographischen Anordnung der Wurzelfasern des Nervus oculomotorius anlangt, so verdienen hier alle Beachtung die bekannten Experimente von *Hensen* und *Völkers**) an Hunden. Nach den Beobachtungen dieser Autoren tritt bei Reizung der hinteren Wand des III. Ventrikels vor dem Aquaeductus Sylvii zunächst Akkommodation auf, sodann folgt Kontraktion der Iris. Reizung des Übergangsteiles zwischen Aquaeductus Sylvii und III. Ventrikel erzeugt Kontraktionen des Rectus internus; bei Reizung des Bodens des Aquaeduktes kontrahiert sich, von vorne nach hinten gezählt, folgende Reihe von Muskeln: Rectus superior, Levator palpebrae superioris, Rectus inferior und Obliquus inferior.



Fig. 172.

Von einem siebenmonatigen menschlichen Foetus. *III* Wurzeln des Oculomotorius; *nd III* hinterer Kern des Oculomotorius; *cr* Kreuzung von Wurzelfasern des Oculomotorius zwischen den hinteren Kernen. *Weigert.*

Die Fasern der Nervi optici einschliesslich der Retina verdanken ihre Entstehuug bekanntlich einer örtlichen Ausstülpung der Wand der primären Vorderhirnblase. Hierdurch tritt der Opticus in einen gewissen Gegensatz zu den übrigen Gehirnnerven, da derjenige Teil

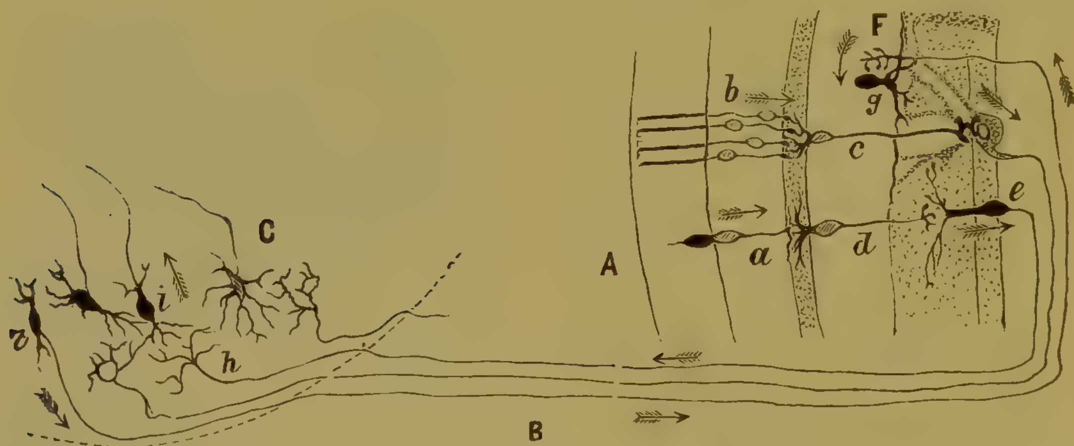


Fig. 173.

Schema der Leitungen von den Stäbchen und Zapfen der Retina zu den Corpora geniculata (nach *Ramón y Cajal*). *A* Retina; *B* Nervus und Tractus opticus; *C* Corpus geniculatum externum; *a* Zapfen; *b* Stäbchen; *d* bipolare Zapfenzellen; *c* bipolare Stäbchenzellen; *e* Ganglienzellen; *F* centrifugale Nervenfaser; *g* Spongioblasten; *h* freie Nervenendigungen mit dem Ursprung in der Retina; *i* Nervenzelle, welche mittelst ihres Dentriten die herantretenden optischen Impulse aufnimmt; *r* Nervenzelle, centrifugale Opticusfasern abgebend.

*) Arch. f. Ophthalmologie Bd. XXIV. S. 1—27.

desselben, welcher seiner Entwickelung nach noch am ehesten mit einem Hirnnerven verglichen werden könnte, durch die Retina allein dargestellt wird. Im Hinblick auf diesen Umstand erscheint es geboten, der Schilderung der Sehnerven und ihres intracerebralen Verlaufes hier eine kurze Beschreibung des elementaren Baues der Retina, so wie sich derselbe nach den neuesten Ermittelungen mit den Methoden von *Golgi* und *Ehrlich* darstellt, vorauszuschicken.

Die Retina stellt ein peripheres Organ des Gesichtssinnes dar, welches durch den ihm adäquaten Reiz der Lichtstrahlen in den Zustand der Thätigkeit versetzt wird. Sie birgt in sich flächenhaft angeordnete Reihen von Nervenzellen, die den optischen Nervenfasern zum Ursprunge dienen. Wenn man von den beiden Membranae limitantes und der Schicht der Pigmentzellen absieht, so können in der Retina sieben aus nervösen Elementen aufgebaute Schichten unterschieden werden, und zwar 1) die Schicht der Stäbchen und Zapfen; 2) die äussere Körnerschicht; 3) die äussere retikuläre oder feinkörnige Schicht; 4) die innere Körnerschicht; 5) die innere retikuläre oder innere feinkörnige Schicht; 6) die Ganglienzellenschicht; 7) die Schicht der Sehnervenfasern.

Das eigentliche Skelett der Netzhaut bilden die sogenannten *Müller*schen Fasern, Epithelzellen, welche von der Vorderfläche der Retina bis zu den Stäbchen und Zapfen sich erstrecken; zwischen ihnen sind Nervenzellen und -fasern eingelagert. Die Kerne der *Müller*schen Fasern finden sich in der Höhe der granulierten Schicht; ihre Protoplasmafortsätze gehen nach innen und aussen und erzeugen durch Zusammenfluss ihrer Enden die homogenen Membranae limitantes, von welchen die eine innen vor den Stäbchen und Zapfen, die andere an der Vorderfläche der Netzhaut ihre Lage hat. Die *Müller*schen Radialfasern sind zweifellos voneinander ganz unabhängige Gebilde, welche mit den nervösen Netzhautelementen nichts gemeinschaftliches haben und höchstwahrscheinlich im wesentlichen zur Isolierung der Nervenleitung dienen.

Die übrigen Netzhautschichten lassen nun folgende Strukturverhältnisse erkennen (Fig. 173).

1) Die Schicht der Stäbchen und Zapfen enthält stäbchenförmige und zapfenförmige Gebilde, welche sich als Teile von Zellen der darunterliegenden äusseren Körnerschicht darstellen und mit letzteren zusammen eine ansehnliche Epithellage erzeugen.

2) Die äussere Körnerschicht beherbergt die Körper jener Zellen, als deren Fortsätze die erwähnten Stäbchen und Zapfen erscheinen. Letztere durchsetzen die aussen unmittelbar angrenzende Membrana limitans externa. Die mit ansehnlichen ovalen Kernen ausgestatteten Körper der Zapfen liegen in der Nähe der Membran; nach

innen hin ziehen sie sich faserförmig aus und verbreitern sich wiederum in der äusseren Retikulärschicht; von ihrem Ende und ihrer basalen Fläche werden in horizontaler Richtung einige Endbüschel abgegeben. Die Körper der Stäbchen schliessen ebenfalls ovale, aber etwas kleinere Kerne ein, welche in einigem Abstand von der Membrana limitans in verschiedenen Höhen der äusseren Körnerschicht liegen. Sowohl nach aussen, wie nach innen verschmächtigen sie sich zu feinen Fortsätzen. Der äussere und zugleich gröbere Fortsatz geht nach Durchsetzung der Membrana limitans externa in ein Stäbchen über, der feinere innere Fortsatz hingegen endigt in der benachbarten äusseren Retikulärschicht mit einer kleinen kugelförmigen Anschwellung. Fortsätze, welche einige Autoren von letzterer abgehen lassen, giebt es nicht *(Ramón y Cajal).*

3) Die äussere retikuläre Schicht verdankt ihren Namen dem Umstand, dass in ihr die beschriebenen basalen Äste der Zapfen mit Dendriten der angrenzenden beiden Körnerschichten Geflechte und Kreuzungen bilden. Sie lässt leicht einen äusseren und einen inneren Abschnitt unterscheiden. Dort gelangen die Endkugeln der Stäbchen in Kontakt mit den federförmig verästelten Fortsätzen von Bipolarzellen der tieferliegenden Schicht; hier verflechten sich die Basen der Zapfen nebst ihren Endfortsätzen mit den horizontalen Ästen der äusseren Fortsätze der erwähnten Bipolarzellen. In dieser Schicht vollzieht sich somit der Kontakt zwischen den Fortsätzen der Bipolarzellen und den freien Enden der Stäbchen und Zapfen.

4) Die innere Körnerschicht zerfällt nach *Ramón y Cajal* in drei Abschnitte: a) die Lage der Horizontalzellen; b) die Lage der Bipolarzellen und c) die Lage der Spongioblasten.

Bei den Säugetieren kommen zwei Arten von Horizontalzellen vor, äussere kleine und innere grosse. Die kleinen Horizontalzellen liegen dicht unter der äusseren Retikulärschicht, haben Sternform und erscheinen abgeplattet. Mit ihren zahlreichen und langen Fortsätzen erzeugen sie ein dichtes Flechtwerk, welches unter den Basen der Zäpfchen seine Lage hat. Ihr feiner Nervenfortsatz verläuft horizontal, giebt auf seinem Wege einige frei endigende Kollateralen ab und zerfällt schliesslich selbst in Endäste. Die grossen Horizontalzellen unterscheiden sich von den soeben geschilderten durch ihre Dimensionen und liegen etwas nach innen von jenen. Ihre Neuriten haben nach *Ramón y Cajal* ebenfalls horizontalen Verlauf und zerfallen, ohne die Grenzen der Retikulärschicht zu überschreiten, in variköse Endverästelungen; hierbei giebt jeder Ast von sich aus je eine kurze Kollaterale ab, welche in der Schicht der Stäbchenkugeln varikös endigt. Jedoch besteht in dieser Hinsicht zwischen den Autoren keine volle Übereinstimmung; nach *A. Dogiel* biegen die erwähnten Nerven-

fortsätze der Horizontalzellen aus ihrer horizontalen Richtung plötzlich nach oben um, durchsetzen die verschiedenen Schichten der Netzhaut und werden schliesslich zu Fasern des Nervus opticus.

Die Bipolarzellen sind spindelförmige Gebilde und besitzen je zwei Fortsätze, einen äusseren und einen inneren. Der innere Fortsatz endigt gewöhnlich in der inneren Retikulärschicht mit federförmiger Aufsplitterung. Im Gegensatz zu ihm zerfällt der äussere Fortsatz nicht selten schon ganz im Beginn in mehrere Reiser, welche mit ihren Verästelungen in dem inneren Abschnitt der äusseren Retikulärschicht ein dichtes, in der Ebene der Retina ausgebreitetes Geflecht erzeugen (*Tartuferi*, *A. Dogiel*). Sämtliche Äste der Bipolarzellen endigen nach *Ramón y Cajal* frei, ohne ein Netz zu bilden. *Ramón* unterscheidet ferner a) Bipolare Stäbchenzellen, deren feiner äusserer Fortsatz zwischen je zwei Stäbchenkugeln endigt; b) Bipolare Zapfenzellen mit abgeplattetem, fächerförmig verästeltem Aussenende, welches in jenem Teil der äusseren Retikulärschicht seine Lage hat, wo die basalen Fortsätze der Zapfen sich verästeln; endlich c) Bipolarzellen mit umfangreichem oberem Fortsatz, welcher in ähnlicher Weise wie die Fortsätze der kleinen Horizontalzellen mit seiner fächerförmigen Verästelung einen ganzen Bezirk der Netzhaut bestreicht. Ausserdem berührt nach *Ramón y Cajal* der innere Fortsatz der bipolaren Stäbchenzellen die Zellkörper der gangliösen Schicht, während der entsprechende Fortsatz der bipolaren Zapfenzellen in Gestalt eines Fibrillenbusches in der inneren Retikulärschicht endet.

Was die Spongioblasten betrifft, so haben sie in dem tiefsten Abschnitt der inneren Retikulärschicht ihre Lage. An denselben finden sich, wie *Golgi* zuerst nachwies, keine Nervenfortsätze; jedoch ist dies nicht ausnahmslos der Fall, da einige Spongioblasten nach *A. Dogiel* zweifellos Neuraxonen abgeben; ihre Dendriten aber breiten sich mit dichten Ramifikationen in der inneren Retikulärschicht horizontal aus, so jedoch dass jeder der 5 verschiedenen Etagen dieser Schicht besondere Spongioblasten entsprechen, die sich nur in der ihnen zugehörigen Etage verästeln. Die Fortsätze der einen Spongioblasten haben somit ihren Verbreitungsbezirk in der äusseren oder ersten Etage, die der anderen — in der zweiten Schicht u. s. f. Ausser diesen schichtenweise angeordneten Spongioblasten giebt es auch solche, deren Fortsätze sich durch die gesamte innere Retikulärschicht verästeln, immerhin aber sammelt sich die Mehrzahl ihrer Äste am dichtesten in den mehr nach innen gelegenen Abschnitten der letzteren. In jede Etage der inneren Retikulärschicht gelangen aber weiterhin umfangreiche Verästelungen von Dendriten der darunterliegenden Zellschicht (*Ramón y Cajal*). Im allgemeinen besteht jede Etage der Körnerschicht nach *Ramón y Cajal* aus einem äusseren Abschnitt, welcher die Äste von Spongioblasten

aufnimmt, einem inneren, wo die Dendriten der Ganglienzellenschicht sich verästeln, und einem mittleren, in welchen die unteren Fibrillenbüsche der Bipolarzellen eintreten.

5) In der inneren Retikulärschicht, von welcher alles wesentliche bereits im bisherigen hervorgehoben worden ist, begegnen einander die Fortsätze der Bipolarzellen, der Spongioblasten und der Nervenzellen der gangliösen Schicht. Das Zusammentreffen der genannten Elemente vollzieht sich in besonderen in der Retikulärschicht vorhandenen Zonen. Die oben erwähnten fünf Etagen der Säugetiere sind indessen nicht absolut konstant; bei kleinen Vögeln und Reptilien können hier bis zu sieben Etagen unterschieden werden (*Ramón y Cajal*).

6) Die Ganglienzellenschicht besteht aus Zellen von verschiedener Grösse mit pyramidenförmigen, halbmondförmigen, ovalen oder einfach abgerundeten Zellkörpern. Nach innen geben diese Zellen einen Axencylinderfortsatz ab, welcher in der Folge in eine Faser des Sehnerven übergeht, nach aussen Dendriten, deren Verästelung in den verschiedenen Etagen der inneren Retikulärschicht erfolgt. Die in Rede stehenden Zellen atrophieren, wie *v. Monakow* gezeigt hat, nach Durchschneidung der Sehnerven. Nach *Ramón y Cajal* verästeln sich die Dendriten einiger Zellen der gangliösen Schicht nur in Einer der Etagen der Retikulärschicht, andere in mehreren Etagen und noch andere im Bereiche der gesamten Reticularis interna.

Was 7) die Schicht der Opticusfasern betrifft, so besteht sie vorwiegend aus Neuriten von Zellen der darüberliegenden Netzhautschicht. Jedoch muss es nach neueren Untersuchungen zweifellos erscheinen, dass hier auch centrifugale Fasern aus den primären Optikuscentren zur Netzhaut durchtreten (*Ramón y Cajal*, *v. Monakow*).

Die von den Netzhauterregungen einzuschlagenden Bahnen verlaufen nun der obigen Darstellung gemäss folgendermassen. Der die Stäbchen treffende Reiz geht durch deren kugelförmige Endigungen in der Zona plexiformis externa auf Bipolarzellen über. Von diesen wird er den Nervenzellen der gangliösen Schicht übermittelt und verläuft mit den austretenden Neuraxonen der letzteren zu den Centren, woselbst freie Faserendigungen mit Dendriten centraler Nervenzellen in Kontakt treten. Die in den Zapfen eingeleitete Erregung trifft in dem tiefen Abschnitte der Zona plexiformis externa auf Bipolarzellen, gelangt von hier zur Zona plexiformis interna und zu deren Nervenzellen und geht schliesslich mit den Neuriten der letzteren zu den hinzugehörigen Centren.*)

*) Der Vollständigkeit wegen seien hier folgende an der Hand der Silbermethode von *Ramón y Cajal* aufgefundene Sätze angeführt: 1. Die Erregung der Sehzellen wird stets aufgenommen von Dendritenverästelungen, die weitere

Nach ihrem Austritte aus der Netzhaut und nach vollendetem Durchtritt durch das Foramen opticum des Schädels vereinigen sich die Sehnerven alsbald an der Basis des Gehirnes zum Chiasma (Fig. 174 *ch*). Beim Menschen und bei den höheren Säugern (Affe, Hund, Katze, Kaninchen) erweist sich die Durchkreuzung der Sehnerven als eine unvollständige, bei niederen Tieren (Vögel, Fische etc.) hingegen findet man eine totale Opticuskreuzung. Die Thatsache der partiellen Sehnervenkreuzung bei den höheren Säugetieren ergiebt sich nicht allein aus zahlreichen anatomischen Ermittelungen, sondern auch aus einer ganzen Reihe klinischer Beobachtungen und physiologischer Befunde. Letztere sind m. E. besonders beweiskräftig. So hat nach meinen Beobachtungen longitudinale Durchschneidung des gesamten Chiasma beim Hunde keine Blindheit zur Folge, sondern es tritt nur beiderseitige temporale Hemianopsie auf. Andererseits erzeugt

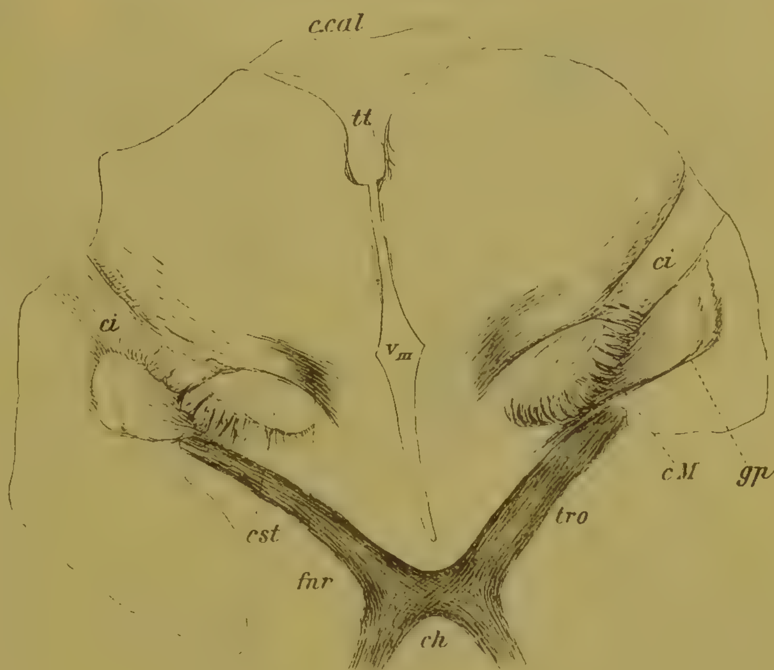



Fig. 174.
Schnitt aus dem Gehirn eines 3 Monate alten Kindes. *c.cal* Corpus callosum; *tt* Taenia thalami; *cst* Corpus subthalamicum; *fnr* Bahnen aus dem roten Haubenkern in der Fortsetzung des vorderen Kleinhirnschenkels zum Globus pallidus und Thalamus; *ch* Chiasma; *tro* Tractus opticus; *cM* Commissura Meynerti; *gp* Globus pallidus; *ci* Capsula interna; $V_{III}$ Ventriculus tertius. — Behandlung nach der *Pal*schen Methode.

Leitung und Übertragung hingegen geschieht durch Neuraxonen und deren Verästelungen. Es sind demnach die Retinaelemente, analog den Zellen des Bulbus olfactorius und der übrigen sensoriellen Nerven, ausgestattet mit Organen für die Aufnahme der Erregungen (Zellkörper und Dendriten) und mit solchen für die Fortleitung und Übertragung derselben (Nervenfortsätze und Endbäumchen). 2. Die Reizwelle verläuft in der Netzhaut nicht durch eine einzelne Längsreihe von Elementen, sondern durch eine ganze Gruppe miteinander verbundener Zellen. Je mehr Elemente demnach an der Leitung teilnehmen, desto tiefer dringt der Reiz vor. So wird z. B. der Erregungszustand eines Zäpfchens von verschiedenen Bipolarzellen vermittelst ihrer abgeplatteten gefiederförmigen Verästelungen aufgenommen. Da nun diese Zellen den Reiz durch ihre nach abwärts gerichteten, in verschiedenen Etagen der inneren Retikulärschicht gelegenen Endverästelungen weiterleiten, so folgt hieraus, dass an der Leitung sich verschiedene Nervenzellen beteiligen können, deren Anzahl mindestens so gross sein wird, wie die der Bipolarzellen. In den optischen Centren endlich wirkt jede Opticusfaser mit ihren freien Endbäumchen

Durchschneidung eines Tractus, sowie unilaterale Läsion des Corpus geniculatum externum, des vorderen Vierhügelarmes und des Corpus bigeminum anterius, wie mich ebenfalls Versuche an Hunden gelehrt haben, stets homonyme Hemianopsie beider Augen, nicht aber totale Erblindung Eines Auges.

Nicht minder überzeugend sind meiner Ansicht nach die anatomischen Untersuchungen mittelst der Atrophiemethode. Man darf, gestützt auf solche Untersuchungen, gegenwärtig für bewiesen erachten, dass bei den höheren Tieren in dem Chiasma nervorum opticorum enthalten sind: 1) Fasern aus den lateralen Netzhauthälften, sie verlaufen im lateralen Teil des Chiasma und treten in den Tractus opticus der entsprechenden Seite ein; 2) Fasern aus den medialen Netzhauthälften, welche sich im Chiasma kreuzen und darauf im Tractus der entgegengesetzten Seite weiter ziehen, endlich 3) Fasern, welche in dem hinteren Winkel des Chiasma sich von einem Tractus zum anderen begeben und die untere Kommissur von *Gudden* darstellen (Fig. 175 und 176 *cg*).

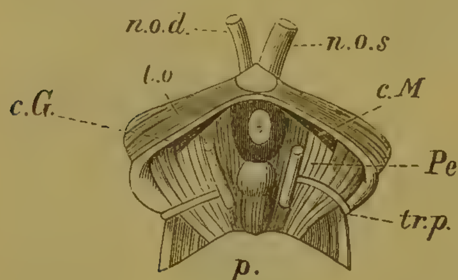



Fig. 175.
**Basis des Zwischen- und Mittelhirnes vom Kaninchen nach Entfernung des rechten Augapfels.** Nach *Gudden*. 2/1. *n.o.d.* der atrophische rechte Sehnerv; *n.o.s* N. opticus sinister; *t.o* Tractus opticus mit *c.G.* (weiss) *Guddens* Commissura inferior; *c.M* *Meynert*sche Kommissur, senkt sich in den Pedunculus (*Pe*) ein; *trp* Tractus peduncularis transversus; *p* Brücke.

---

auf eine Reihe von Nervenzellen. Im Gegensatz hierzu sind in der Fovea centralis der Leitung engere Grenzen gezogen, indem jeder Zapfenfuss nur mit der Verästelung Einer Bipolarzelle in Kontakt gelangt, welche ihrerseits, wie es scheint, ebenfalls nur mit dem Dendriten Einer Nervenzelle in Verkehr tritt. Die ausserordentliche Feinheit der Zäpfchen und der sonstigen Elemente, welche hier an der Leitung beteiligt sind, liefert eine befriedigende Erklärung für die ungemeine Schärfe und Deutlichkeit des Sehens in der Fovea centralis der Netzhaut. 3. Die Horizontalzellen dienen, wie es scheint, zur Verknüpfung je zweier mehr oder weniger entfernter Netzhautbezirke; als assoziierte Elemente erscheinen hierbei die Stäbchen und Zapfen. 4. Die Spongioblasten können als Elemente betrachtet werden, welche den nervösen Vorgängen in der Retina fern stehen. Ihre Funktion erscheint nicht bestimmbar, da sie der Neuraxonen entbehren und mit den Nervenzellen nur vermöge ihrer eigenartigen Dendriten in Verbindung stehen. Immerhin darf man der Ansicht sein, dass sie zur Übertragung centrifugaler Erregungen auf Nervenzellen dienen; denn die Spongioblasten sind die einzigen Retinaelemente, um welche Endverästelungen centrifugaler Fasern vorkommen. Auf jeden Fall beanspruchen die Spongioblasten eine nicht zu unterschätzende Bedeutung; denn sie finden sich bei sämtlichen Wirbeltieren, teils im Gebiete der Fovea centralis (Reptilien, Vögel), teils in der Umgebung der letzteren (Säugetiere); zudem erscheinen sie reich an Zahl und an morphologischen Varietäten. Wo die Retina von ansehnlichem Querschnitt und kompliziertem Bau ist, wie bei den Vögeln und Reptilien, weist sie ein äusserst kompliziertes System von Spongioblasten auf.

Das Vorkommen von Kommissurenfasern in dem vorderen Winkel des Chiasma, welche von einer Retina zur anderen verlaufen sollen, wird von einigen Autoren allerdings behauptet, ist aber bis jetzt mit Sicherheit nicht erwiesen und wird von den Meisten strikt in Abrede gestellt.*)

Jenseits des Chiasma liegen die beiderseitigen Tractus optici eine Strecke weit der grauen Substanz der Gehirnbasis an, biegen darauf um die Grosshirnschenkel und wenden sich zur Gegend der Kniehöcker. Hier teilt sich jeder Tractus schon für das unbewaffnete Auge in zwei Wurzeln: eine laterale, die eigentliche Fortsetzung des Tractus, und eine mediale, vorwiegend aus Fasern der *Gudden*schen Kommissur bestehend. Jene begiebt sich zum äusseren, diese zum inneren Kniehöcker.

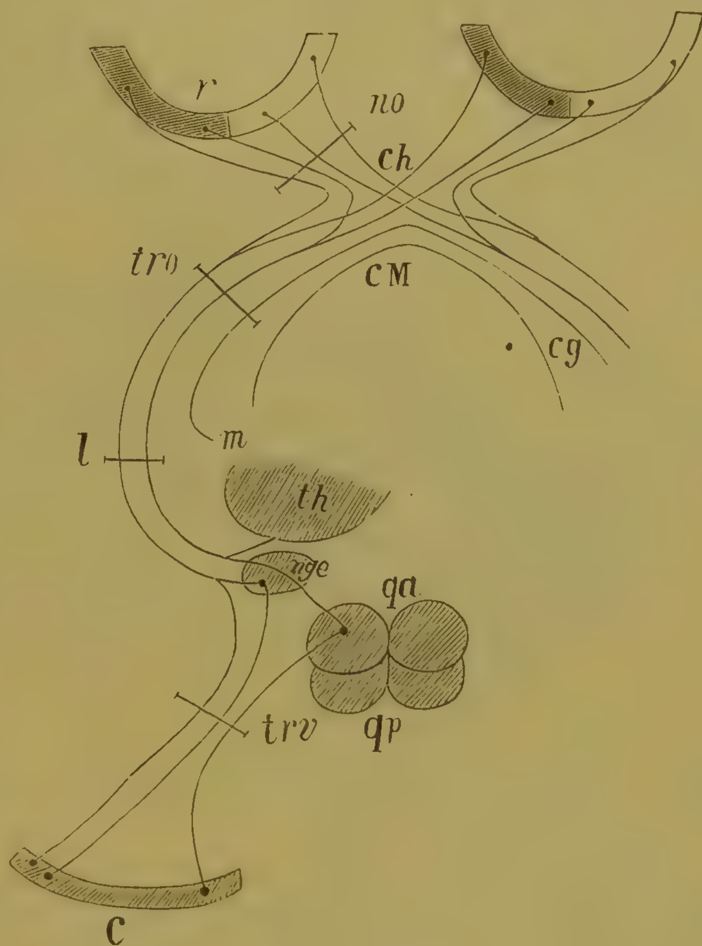



Fig. 176.

Die Faserung des Nervus opticus und seine Endigung im Gehirn. Schema. *r* Netzhaut; *no* Nervus opticus; *Ch* Sehnervenkreuzung; *tro* Tractus opticus; *cM* *Meynert*sche Kommissur; *cg* *Gudden*sche Kommissur; *l* laterale Wurzel des Tractus opticus; *m* mediale Wurzel des Tractus opticus; *th* Thalamus opticus; *nge* lateraler Kniehöcker; *qa* vorderer Vierhügel; *qp* hinterer Vierhügel; *trv* *Gratiolet*sche Sehstrahlung; c Rinde des Occipitallappens.

Bei genauerer Untersuchung erkennt man jedoch, dass die laterale Wurzel nur zu einem Teil in dem äusseren Kniehöcker ihre Endramifikation findet (Fig. 177). Ein anderer Teil ihrer Fasern tritt zwischen beiden Kniehöckern hindurch und gelangt einerseits zu dem hinteren

*) Neuerdings ist *v. Kölliker* wiederum für die Annahme einer totalen oder nahezu totalen Kreuzung der Opticusfasern im Chiasma eingetreten; jedoch stützt er sich hierbei nur auf anatomische Untersuchungen und nicht auf Ergebnisse der Atrophie- oder Degenerationsmethode. Nach dem Erscheinen der bezüglichen Mitteilung *v. Kölliker*s ist die Frage in meinem Laboratorium von *F. Teljatnik* an der Hand der Atrophiemethode unter Anwendung der *Marchi*schen Färbung einer eingehenden Prüfung unterzogen worden. Dieselbe hat zu dem Ergebnis geführt, dass die Thatsache der partiellen Kreuzung der Sehnerven keinem Zweifel unterliegen kann.

Teil des Thalamus opticus und zum Stratum zonale des letzteren,*) andererseits durch den vorderen Bindearm zu der Gegend des vorderen Vierhügels. An letzterem Orte bilden die Sehnervenfasern die sogenannte oberflächliche Markschicht des vorderen Vierhügelganglions (Fig. 178 *ftro*) und endigen wesentlich in den vorderen zwei Dritteln der grauen Substanz des letzteren.**) Die Opticusfasern in dem Corpus geniculatum externum zerfallen nach *Ramón y Cajal* in oberflächliche und tiefe. Die oberflächlichen Opticusfasern, in dünner Schicht dem lateralen Kniehöcker aufgelagert, senden auf ihrem Wege Kollateralen

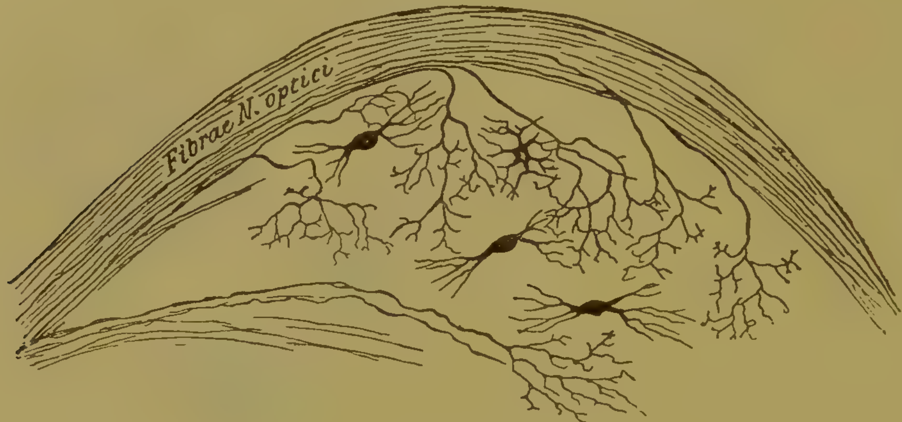



Fig. 177.

**Schnitt durch das Corpus geniculatum laterale der Katze.**
**Eintritt von Opticusfasern und deren Verästelung in Form von Endbäumchen.** *Ramón y Cajal.*

zu darunterliegenden Nervenzellen und zerfallen schliesslich selbst in üppige Endbüschel, von welchen jedes einzelne mit grösseren Zellkomplexen in Verbindung tritt. Die tiefen Sehnervenfasern bilden ebenfalls reiche Endramifikationen, doch endigt ein Teil derselben nicht in dem lateralen Kniehöcker, sondern unter Entwickelung ähnlicher Endbüschel wie dort in der unter dem Stratum zonale belegenen grauen Substanz. Der laterale Kniehöcker ist somit nicht nur, wie von einigen angenommen wird, in die Bahn der Sehnervenfasern eingeschaltet, sondern bildet, ähnlich dem vorderen Vierhügelganglion, eine wahre Endstätte derselben.

Die experimentellen Arbeiten von *Gudden*, *Ganser*, *v. Monakow* u. A. haben dargethan, dass nach Entfernung Eines Auges bei den höheren Tieren als Folgezustände auftreten: Atrophie des Sehnerven

*) Dieser Satz wird übrigens von einigen Autoren beanstandet.

**) Nach neueren Untersuchungen von *Bernheimer* teilen sich die im Thalamus endigenden Fasern des Tractus opticus in zwei Bündel, in ein oberflächliches und ein tiefes. Dieses entspringt in der grauen Substanz des Sehhügels mit kurzen und langen Fasern, jenes aus Zellen des Stratum zonale thalami. Über die relative Lagerung der den verschiedenen Teilen der Retina angehörenden Fasern im Nervus opticus, im Chiasma und im Tractus opticus wird weiter unten die Rede sein.

auf der Seite der Läsion, Atrophie beider, vorzugsweise aber des kontralateralen Tractus opticus (Fig. 179), ferner bilaterale Atrophie des vorderen Vierhügels, des Corpus geniculatum externum und der Fasern des nur in der Primatenreihe stärker entwickelten Pulvinar thalami. Bei den niederen Wirbeltieren kommt die laterale Sehnervenwurzel im wesentlichen aus dem vorderen Vierhügel, während die anderen Ursprungsstätten zurücktreten. Je höher aber in der Tierreihe die Entwickelung der Grosshirnhemisphären, desto mehr Fasern stammen aus den übrigen Sehnervencentren, insbesondere aus dem Corpus geniculatum externum und desto weniger aus dem vorderen Vierhügel. Bei dem Menschen, wo die optischen Rindencentra eine so ungemein hohe Entfaltung zeigen, ist das aus dem vorderen Vierhügel herkommende Opticusbündel im allgemeinen ausserordentlich schmächtig, dagegen entspringt die Hauptmasse der Sehnerven in dem lateralen Kniehöcker. Im ganzen kann man diese Verhältnisse mit *Edinger* in folgender Weise zum Ausdruck bringen: „Tiere, die auf das Sehen mit den primären Endstätten allein oder fast allein angewiesen sind, haben vorwiegende Ausbildung des Vierhügelastes des Sehnerven. Sobald aber das Rindensehen sich mehr entwickelt, treten die zur Rinde in engerer Beziehung stehenden Endstätten — Pulvinar, Corpus geniculatum laterale — in den Vordergrund und verringert sich relativ die Vierhügelportion des Opticus."

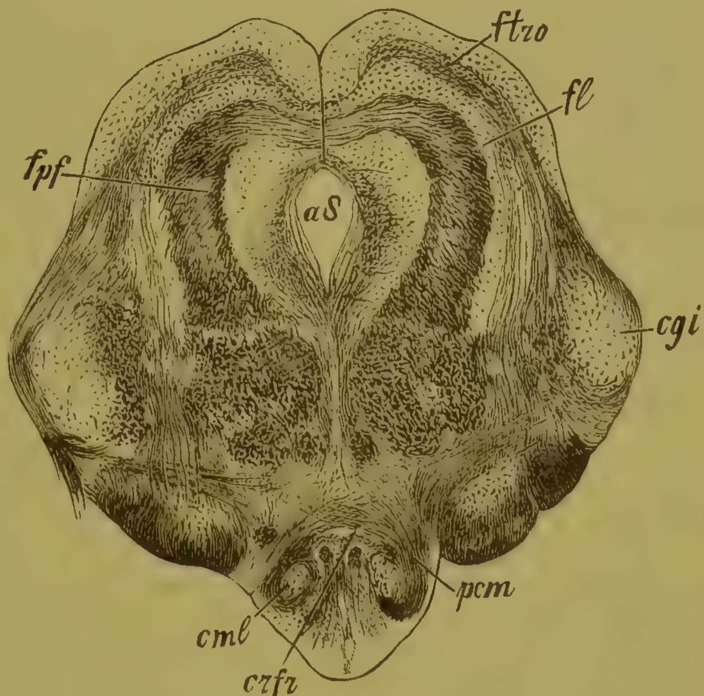



Fig. 178.

Schnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Schleifenfasern im vorderen Vierhügel; *cgi* Corpus geniculatum internum; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *cml* Corpus mammillare; *crfr* Kreuzung von Fasern nach ihrem Austritt aus dem Corpus mammillare; *fpf* tiefe Markfasern im vorderen Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii. — Behandlung nach *Weigert.*

In neuerer Zeit ist die Frage viel ventiliert worden, ob die Sehnervenkreuzung bei dem Menschen eine totale oder eine partielle sei. Man darf diese Angelegenheit, ungeachtet der Einwendungen von *Michel*, gegenwärtig als in dem letztgenannten Sinne unwiderleglich entschieden betrachten. Die Befunde von bilateraler Atrophie der Tractus optici nach Enukleation eines Auges und in Fällen von unila-

teralen angeborenen Ophthalmien, sowie die klinische Beobachtung von Traktusaffektionen mit homonymer Hemianopsie beseitigen hier jeden Zweifel.

In klinischer Beziehung sind von grosser Bedeutung die Lagerungsverhältnisse der gekreuzten und ungekreuzten Fasern. Hierüber sind verschiedene Ansichten aufgestellt worden. Nach *v. Guddens* Untersuchungen am Kaninchen gelangt das ungekreuzte Bündel zum Chiasma in dem seitlichen Sehnervenabschnitt, beim Hund und bei der Katze hingegen in dessen medialer Hälfte. Was die Lage des ungekreuzten Bündels im Tractus anlangt, so findet es sich nach *v. Gudden* bei sämtlichen genannten Tieren in seitlicher Lage. *Pick* erzeugte beim Kaninchen umschriebene Läsionen der Retina. Die späterhin mittelst der Methode von *Marchi* untersuchten Opticusbahnen boten Erscheinungen aufsteigender Degeneration dar und es zeigte sich, dass dem seitlichen Abschnitt der Netzhaut die seitlichen Fasern des Sehnerven und die inneren des gekreuzten Tractus opticus entsprachen. Die Fasern des inneren Sehnervenabschnittes verliefen in den seitlichen Teilen des Tractus. Die dorsalen Bezirke der Retina schienen den dorsalen Faserzügen des Nervus und Tractus opticus zu entsprechen. Die Faserkreuzung im Chiasma erfolgt demnach nicht in vertikaler, sondern in horizontaler Richtung; an derselben beteiligen sich zunächst die medialen, sodann aber auch die lateralen Fasern der Sehnerven.

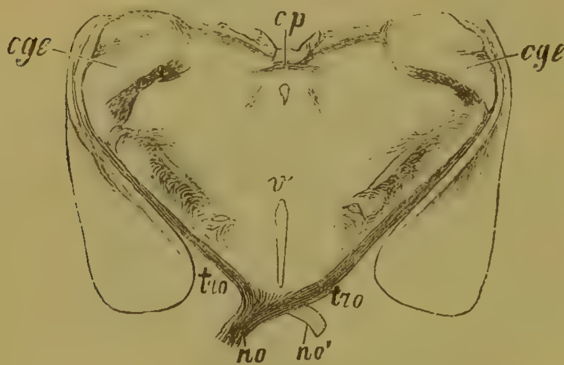



Fig. 179.

Aus dem Gehirn eines Kaninchens mit Enucleation eines Augapfels. *no* Nervus opticus der gesunden Seite; *no'* atrophischer Sehnerv auf der Seite der Enucleation; *tro* Tractus opticus, rechts wenig, links stärker atrophisch; *cge* Corpus geniculatum externum; *cp* hintere Kommissur; *v* Höhle des III. Ventrikels.

Andererseits beobachtete *Ganser* bei der neugeborenen Katze nach Enukleation eines Auges und Durchschneidung des entsprechenden Tractus opticus komplete Atrophie des kontralateralen Sehnerven mit Verschonung des ungekreuzten Bündels, und kommt auf Grundlage dieser seiner Versuche zu dem Schlusse, dass das ungekreuzte Bündel, entgegen der Behauptung *Guddens*, sowohl im Tractus opticus, wie im Chiasma und im Nervus opticus bei der Katze seitliche Lage hat und sich in dem temporalen Segment der Retina verliert. Zwischen gekreuztem und ungekreuztem Bündel giebt es eine Übergangszone, wo beiderlei Fasern miteinander gemischt erscheinen. Unter anderem beschreibt *Ganser* einen Fall von einem 72jährigen Epileptiker, wo das ungekreuzte Bündel auf der rechten Seite anomalerweise in grosser

Ausdehnung völlig freilag; dicht am Auge von den Sehnerven sich abzweigend, trat es an die laterale Seite des rechten Opticus, bog in der lateralen Ecke des Chiasma um und verlief in Form eines Stranges an der ventralen Seite des Tractus, um mit letzterem kurz vor Erreichung des Corpus geniculatum externum zusammenzufliessen.

*v. Monakow* untersuchte vier Fälle absteigender Degeneration der Tractus optici im Anschluss an eine Beschädigung des Occipitallappens beim Menschen und überzeugte sich, dass das ungekreuzte Bündel sowohl im Nervus, wie auch im Tractus opticus vorwiegend die dorsolateralen Bezirke einnimmt und in ganzer Ausdehnung als deutlich abgegrenzter Strang verläuft. Gut markiert erscheint auch das gekreuzte Bündel; es tritt im vorderen Abschnitt des Chiasma auf die andere Seite und findet sich hier in ventro-lateraler Lage.

*Jatzow* beschreibt einen interessanten Fall von Enukleation des rechten Auges bei Sarkoma bulbi. Das linke Auge bot Hemianopsie im ventro-lateralen Abschnitt dar, es war hier somit nur der innere Abschnitt der Retina ausgeschaltet. Die Sektion eruierte, dass die Geschwulst sich nicht auf das rechte Auge und den rechten Sehnerv beschränkt, sondern weiterhin die rechte Hälfte des Chiasma und den rechten Tractus opticus in Mitleidenschaft gezogen hatte. Auf Durchschnitten des linken Nerv. opticus erschienen die gesunden Nervenfasern dicht hinter dem Auge in Form zweier Bündel in dem dorsolateralen bezw. im ventralen Abschnitt des Nerven. Zwischen beiden verlief in horizontaler Richtung ein atrophischer Streifen, welcher mit der atrophischen inneren Hälfte des Nerven konfluierte. An der Eintrittsstelle der Art. centralis retinae in den Nerv vereinigten sich die miteinander konvergierenden Bündel zu einem Strang an der lateralen Seite des Sehnerven. Letzterer fand sich auch im Chiasma in seitlicher Lagerung, nur erschien er hier etwas ventralwärts verschoben.

Die Beobachtungen von *Schmidt-Rimpler*, *Delbrück*, *Siemerling*, *Hebold*, *Williamsen*, *Henschen* und Anderen führten zu keinen übereinstimmenden Resultaten bezüglich der Lage des gekreuzten und ungekreuzten Bündels in den verschiedenen Ebenen, teils infolge des Vorkommens individueller Abweichungen, teils infolge eintretender Verlagerung der normalen Bündel bei Atrophie der nachbarlichen Teile. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass beim Menschen und bei den höheren Säugetieren die direkten Fasern im Nervus opticus lateral bezw. dorsolateral, die kreuzenden medio-ventral gelegen sind; im vorderen Teil des Opticus, vor dem Eintritt der Arteria centralis retinae in den Nerv, zerfallen die ungekreuzten Fasern in zwei Bündel — ein dorsales bezw. dorsolaterales und ein ventrales bezw. latero-ventrales.

Im Chiasma selbst finden sich die direkten Fasern mehr nach aussen, die kreuzenden nach innen, wenngleich der Beginn einer

Mischung schon hier nicht zu verkennen ist. Bei ihrem Übergange in den Tractus mischen sich gekreuzte und ungekreuzte Fasern miteinander, wobei erstere allerdings sich mehr an der ventralen Seite anhäufen.

Auch beim Menschen ist ein merkliches Überwiegen der gekreuzten Fasern im Verhältnis zu den ungekreuzten das gewöhnliche.*)

Die jüngste Zeit hat eine ganze Reihe von Arbeiten über das Verhalten jener Fasern zu Tage gefördert, welche in direkter Beziehung zur Macula lutea der Netzhaut stehen und das makuläre Bündel des

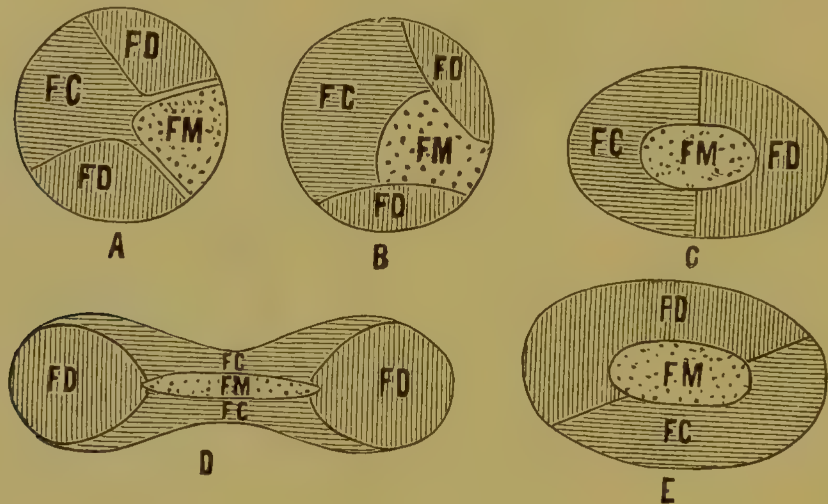



Fig. 180.

**Schema über die relative Lage des direkten, des gekreuzten und des makulären Bündels im Nervus opticus, im Chiasma und im Tractus opticus.** Nach *Vialet.* *A* linker Sehnerv beim Austritt aus dem Bulbus; *B* orbitaler Teil des linken Sehnerven; *C* Sehnerv im Canalis opticus; *D* Chiasma; *E* linker Tractus; *FD* direktes, *FC* gekreuztes, *FM* makuläres Bündel.

Sehnerven zusammensetzen (Fig. 181 *ml*, Fig. 180 *FM*). Nach den Beobachtungen von *Samelsohn*, *Vossius*, *Nettelchips*, *Uhthoff* und *Thomsen* kann die Lage des makulären Bündels in folgender Weise eruiert werden (Fig. 180). Dicht hinter dem Augapfel liegt das makuläre

---

*) Über die vorliegende Frage handelt ein unlängst erschienenes umfangreiches Werk von *Pribytkow* (Der Verlauf der Sehnerven, Moskau 1895) auf Grundlage experimenteller Untersuchungen an Tieren und pathologischer Beobachtungen am Menschen. Der Verf. bedauert, in letzterer Beziehung kein genügend grosses Material zur Hand gehabt zu haben. Ich führe hier seine Ergebnisse nur an, soweit sie auf den Menschen Bezug nehmen. Über die Lage der einzelnen Bündel im N. opticus äussert sich *Pribytkow* wie folgt: „Obgleich mir eigene Erfahrungen über das Verhalten der gekreuzten und direkten Fasern im menschlichen N. opticus nicht zur Seite stehen, so glaube ich doch nicht fehlzugehen, wenn ich folgenden verallgemeinernden Satz aufstelle: Beim Menschen und bei den höheren Säugetieren (Hund, Katze) finden sich bezüglich der Lage der gekreuzten und ungekreuzten Fasern im Opticus die nämlichen Verhältnisse; diese liegen lateral bezw. dorsolateral, jene ventromedial. Sowohl beim Menschen wie bei den höheren Säuge-

Bündel im lateralen Teil des Nervus opticus und zeigt hier die Form eines Keiles, welcher seine Spitze centralwärts, seine Basis peripheriewärts wendet. Auf seiner weiteren Bahn entfernt es sich allmählich

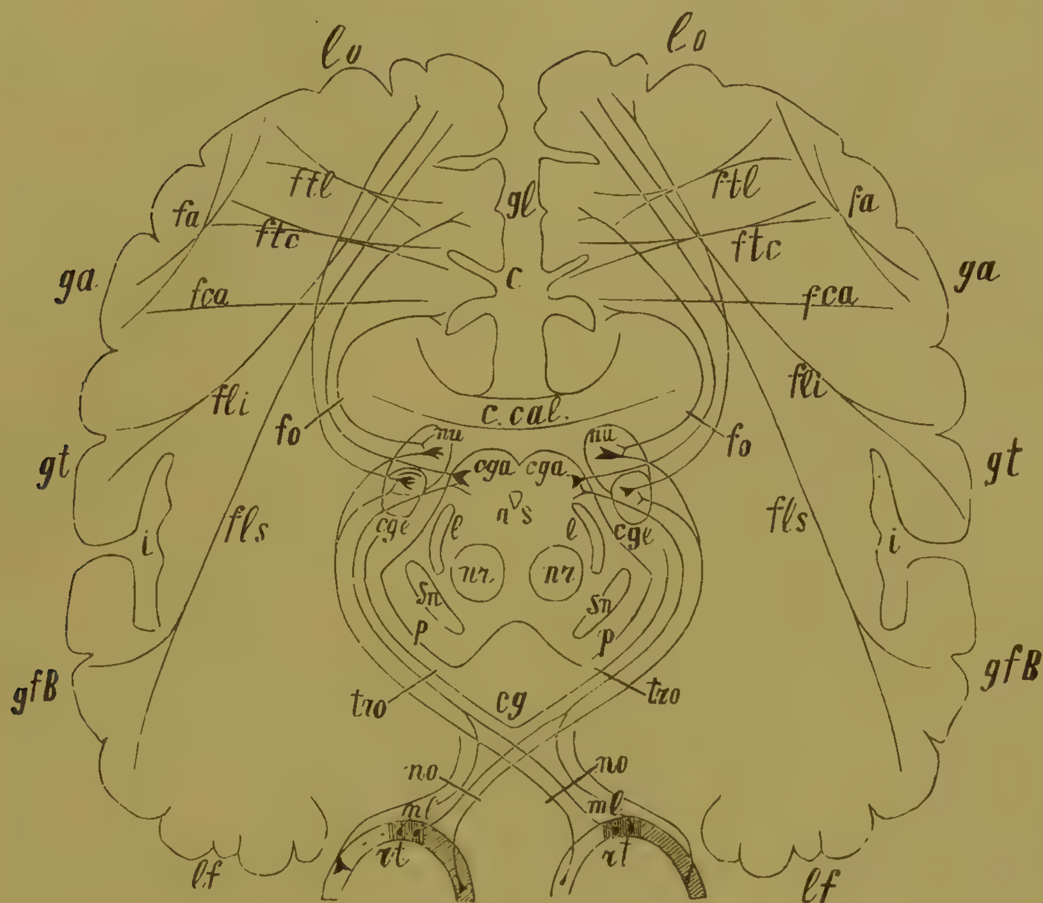



Fig. 181.

**Die optische Leitungsbahn von der Netzhaut zu den Rindencentren und die Verbindungen der letzteren mit anderen Rindenregionen.** Schema. *rt* Netzhaut; *ml* gelber Fleck; *no* Nervus, *tro* Tractus opticus; *cg* *Gudden*sche Kommissur; *cge* Corpus geniculatum externum; *cga* vorderer Vierhügel; *pu* Pulvinar; *fo* *Gratiolet*sche Sehstrahlung; *as* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Haubenkern; *l* Schleife; *sn* Substantia nigra; *p* Grosshirnschenkel; *c.cal* Balken; *c* Cuneus; *gl* Gyrus lingualis; *lo* Lobus occipitalis; *ga* Gyrus angularis; *gt* Gyrus temporalis (Gehörcentrum); *i* Insula Reilii; *gfB* Gyrus frontalis Brocae (Sprachcentrum); *lf* Lobus frontalis; *fa* Faserzug vom Sehcentrum zum Centrum der optischen Wortbilder; *fli* Fasciculus longitudinalis inferior, das Sehcentrum mit der Gehörsphäre bezw. dem Centrum der akustischen Wortbilder verbindend; *fls* Fasciculus longitudinalis superior zwischen Seh- und Sprachcentrum; *ftl*, *ftc* Faserzüge von *Sachs* und *Vialet*, von den Centren der Lichtperception (Gyrus lingualis und Cuneus) zu den Centren der optischen Erinnerungbilder an der lateralen Fläche des Occipitalhirns; *fca* Bündel zwischen dem Centrum der optischen Perception und dem der optischen Wortbilder.

von der lateralen Peripherie des Nerven gegen das Centrum hin und lagert sich schliesslich entweder genau central oder etwas nach aussen

---

tieren (Hund, Katze) zerfallen die ungekreuzten Fasern im vorderen Abschnitt des Nerv. opticus (nach dem Eintritt der Art. centralis retinae in denselben) in zwei undeutlich abgegrenzte Stränge, einen dorsalen (dorso-lateralen) und einen ventralen (ventro-lateralen)." An einem anderen Orte bemerkt der Autor: „Weder beim Menschen, noch beim Hund und der Katze erscheinen die gekreuzten und direkten

vom Centrum. Es erklärt sich somit die oben geschilderte Teilung des ungekreuzten Opticusbündels in einen dorsolateralen und einen ventrolateralen Abschnitt durch das Dazwischentreten des Maculabündels in dem vorderen Abschnitte des Sehnerven.

Im Chiasma haben die Maculabündel jederseits centrale Lage (Fig. 180 und 182), rücken sodann allmählich aneinander und gehen schliesslich eine teilweise Kreuzung ein. Aus dem hinteren Abschnitt des Chiasma geht das bereits aus gekreuzten und ungekreuzten Fasern bestehende Maculabündel in den Tractus opticus über, wo es der herrschenden Anschauung zufolge das Centrum einnimmt, während *Vossius* es hier in zwei getrennte Bündel zerfallen lässt — ein ungekreuztes im Centrum und ein gekreuztes im ventralen Teil des Tractus opticus.

Mit Rücksicht auf die hohe Bedeutung der Opticusbahnen für die klinische Diagnostik erwähne ich hier noch die ausserordentlich umfassenden Untersuchungen von *E. Henschen* über diesen Gegenstand. Die gesamte optische Bahn bezw. der Teil derselben, welcher die optischen Erregungen von der Retina auf die Rinde des Occipitalhirns überträgt (Fig. 181), besteht aus zwei funktionell verbundenen Neuren: 1. Die vordere Neure wird gebildet von den grossen Ganglienzellen der Netzhaut und den aus ihnen entspringenden Fasern; letztere wenden sich nach hinten, werden zu Bestandteilen des Sehnerven, des Chiasma und des Tractus opticus und verästeln sich in Ganglien des Zwischenhirns und Mittelhirns. 2. Die hintere Neure wird dargestellt durch Zellen der soeben genannten Ganglien und deren Neuriten, welche distalwärts in die occipitale Opticusbahn eintreten und zur Rinde des Hinterhauptlappens in der Umgebung der Fissura calcarina gelangen. Während des angegebenen Verlaufes lagern sich die einzelnen Teile oder Bündel der Opticusbahn in folgender Weise (Fig. 182). Das dem latero-ventralen Abschnitt der Retina entsprechende Macula-

---

Fasern im Chiasma oder in den Tractus optici in Gestalt gesonderter Stränge. Schon in den vordersten Abschnitten des Chiasma beginnen sie sich miteinander zu vermischen und bleiben sodann auch im Tract. opticus gemischt. Jedoch liegen die gekreuzten Fasern sowohl im Chiasma wie im Tractus am dichtesten in deren ventralen Bezirken. Beim Menschen und bei den höheren Säugetieren sind die gekreuzten Fasern ihrer Anzahl nach überwiegend.“ „Wenn die Anschauungen der Autoren bezüglich der Lage der direkten und gekreuzten Fasern im Chiasma und in den Tractus optici auseinandergehen, so hat das seinen Grund nicht nur in individuell bedingten Unterschieden des Verlaufes der in Rede stehenden Fasern (*Henschen*), sondern es spielen hier Grösse und Form der atrophischen Faserbezirke eine nicht unerhebliche Rolle. In letzterer Beziehung aber sind von Einfluss die Dauer der Atrophie, das Alter der untersuchten Individuen und endlich die Ursache der Atrophie, also einerseits Enukleation oder Phthisis bulbi, welche zu aufsteigender sekundärer Atrophie der Sehnerven führen, und andererseits Tabes, progressive Paralyse, Alkoholismus.“

bündel nähert sich in der Richtung nach hinten dem Centrum und findet sich sowohl im Chiasma, wie im Tractus opticus bereits in centraler Lage. Hierbei verteilt es sich so auf beide Tractus, dass bei Hemianopsien das centrale Sehen erhalten bleibt. Das ungekreuzte Bündel ist in der Retina in zwei durch das Maculabündel getrennten Teilen, einem laterodorsalen und einem latero-ventralen, angeordnet, welche weiter nach hinten im Bereiche des Sehnerven sich zu einem lateralen Bündel miteinander vereinigen.

Das gekreuzte Bündel, in der Netzhaut medial bezw. dorso-medial gelegen, verläuft als gesonderter Strang auch weiterhin in derselben Lage. Beim Übergang in das Chiasma spalten sich die ungekreuzten Züge in eine Reihe strahlig angeordneter horizontaler Lamellen, zwischen welche gekreuzte Elemente sich hineinschieben. Gleichzeitig nähert sich ein Teil der direkten Fasern dem Rande des Chiasma, die Hauptmasse dagegen verläuft gemischt mit kreuzenden Elementen etwas mehr nach innen. Beim Übertritt in den Tractus geht das gekreuzte Bündel aus seiner ursprünglichen dorso-medialen Lage in eine ventromediale über. Auch das ungekreuzte Bündel erfährt hier eine Lageveränderung, aber genau im umgekehrten Sinne: während es in der Retina ventro-lateral liegt, nimmt es im Tractus dorsolaterale Lage ein. Demungeachtet bleibt die relative Lagerung der Fasern in beiden Bündeln die nämliche, d. h. Elemente der dorsalen Retinaabschnitte liegen in den Strängen ebenfalls dorsal und umgekehrt. — Alle diese Bündel besitzen eine schärfere Abgrenzung nur bis zu ihrem Eintritt in das Corpus geniculatum externum. Hier erzeugen die Opticusfasern teils die Kapsel des Kniehöckerganglions, teils ver-

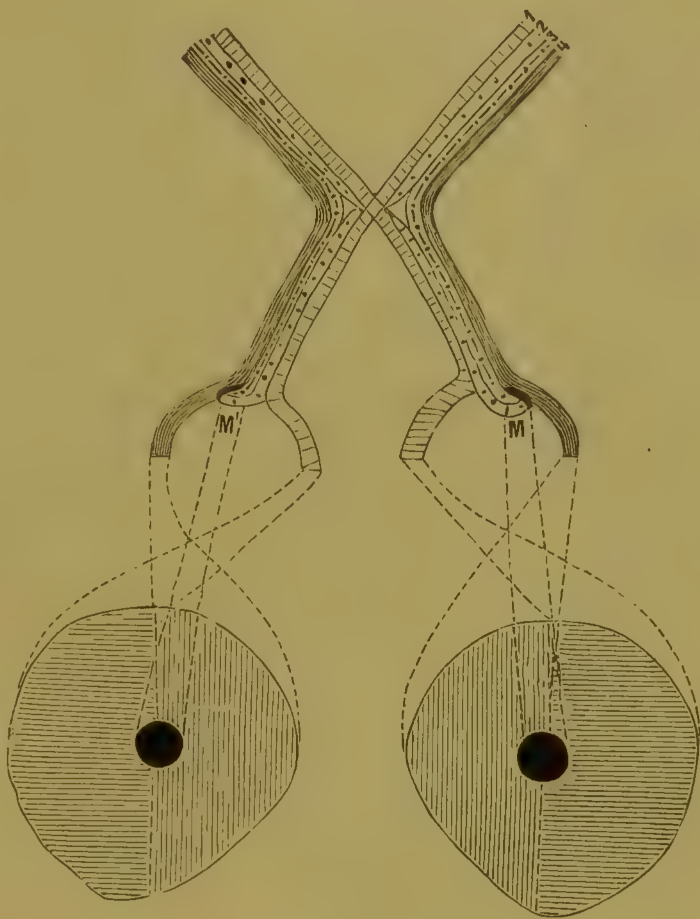


Fig. 182.
Schema über das Verhalten des gekreuzten, des direkten und des makulären Bündels in dem Chiasma. Nach *Vialet*. 1 und 4 gekreuztes und ungekreuztes Netzhautbündel; 2 und 3 gekreuztes und ungekreuztes Maculabündel; *M* Macula.

sinken sie in dessen Tiefe und nehmen einen wesentlichen Anteil an der Bildung der sogenannten Laminae medullares. Beim Menschen erscheint das Corpus geniculatum externum als das wichtigste optische Ganglion, obgleich Opticusfasern zweifellos auch in den Thalamus und in den vorderen Vierhügel eintreten.

Die Darstellung von *Henschen* liefert eine befriedigende Erklärung für die verschiedenen in pathologischen Fällen auftretenden Störungen der Sehfunktionen. So kann bitemporale Hemianopsie begründet sein durch Affektionen in der Mittellinie des Chiasma; horizontale Hemianopsie durch solche der dorsalen oder ventralen Abschnitte des Chiasma; nasale Hemianopsie durch Beschädigung des ungekreuzten Opticusbündels.

Ausser den vorhin betrachteten Bündeln enthält der Tractus opticus noch andere Fasern. Ein ziemlich beträchtlicher dorsaler Teil desselben besteht aus Elementen der *Gudden*schen Kommissur, welche die mediale Tractuswurzel bilden. In dem dorsolateralen Abschnitt des Tractus endlich verlaufen nach *Henschen* die Pupillarfasern.

Die vorwiegend aus der *Gudden*schen Kommissur stammende mediale Wurzel des Tractus opticus endigt (analog dem Verhalten der lateralen Wurzel) nur zum Teil in dem medialen Kniehöcker; ein anderer Teil derselben geht weiter und gelangt nach der Anschauung der Einen durch den hinteren Bindearm zum Corpus quadrigeminum posterius, nach der der Anderen zum Linsenkern. Es sind also, wie man sieht, die Akten über die Bedeutung der *Gudden*schen Kommissur noch bei weitem nicht geschlossen. Am zutreffendsten erscheint mir die Ansicht, nach welcher die *Gudden*sche Kommissur bestimmt ist, eine gekreuzte Verbindung zwischen medialem Kniehöcker und Linsenkern zu vermitteln. Neue Untersuchungen, insbesondere solche mit Benutzung der *Marchi*-Methode, werden diesen Satz näher zu prüfen haben.

*Darkschewitsch* beschrieb vor einigen Jahren einen Faserzug, welcher von der medialen Seite des Tractus opticus vor dem lateralen Kniehöcker sich zum Nucleus habenulae wendet, von hier durch den Thalamus opticus und den Pedunculus conarii zur Basis der Zirbel verläuft und sodann im ventralen Abschnitt der hinteren Kommissur weiter zieht, deren Fasern, wie bereits erwähnt, mit dem sogenannten oberen Oculomotoriuskern oder genauer mit dem Kern der hinteren Kommissur in Verbindung treten. Da beim Kaninchen Läsionen der hinteren Kommissur mit auffallender Abschwächung der Pupillenreaktion einhergehen, so folgert der genannte Autor, dass der in Rede stehende Faserzug des Tractus opticus bei der Übertragung des Lichtreflexes der Pupille von Bedeutung sei.

Schon *Guddens* Untersuchungen hatten festgestellt, dass beim

Kaninchen im Nervus und Tractus opticus zwei Arten von Fasern zu unterscheiden sind, nämlich 1. feinere Fasern zu den vorderen Vierhügeln und 2. gröbere zum Corpus geniculatum externum, und dass beide bei höheren Tieren mit allgemeinem Gesichtsfeld einer partiellen Kreuzung unterliegen. Erstere fasste *Gudden* als Sehfasern, letztere als Reflex- oder Pupillenfasern auf. Von dem Vorhandensein dieser Faserarten im N. opticus haben sich auch *Key* und *Retzius* überzeugen können. Weiterhin ist durch Versuche von *Gudden* und *mir* nachgewiesen worden, dass Zerstörung des grössten Teiles des Vierhügels bei Vögeln und Zerstörung der vorderen Vierhügelhöcker bei Säugetieren kein Aufhören der Lichtreaktion der Pupille bewirkt. Zudem haben meine Versuche dargethan, dass auch Durchschneidung eines Tractus opticus oder Läsion des Corpus geniculatum externum bei Säugern keinen Stillstand der Pupillenreaktion nach sich zieht, wogegen Läsionen im Bereiche des III. Ventrikels ganz charakteristische Veränderungen der Lichtreaktion beider Pupillen zur Folge haben. Es war hierdurch zum ersten Mal die wichtige Thatsache eruiert worden, dass die Pupillenfasern einen gewissen Teil ihrer centralen Bahn getrennt von den Sehfasern durchlaufen. Spätere experimentelle Untersuchungen haben sodann gezeigt, dass die Pupillenfasern nach teilweiser Kreuzung im Chiasma eine Strecke weit im Tractus verlaufen — dies beweist die sogenannte hemiopische Reaktion bei Läsionen des letzteren — und sich darauf in der Gegend zwischen Tuber cinereum und Nerv. oculomotorius bezw. dicht vor dem Corpus geniculatum externum von ihm medianwärts abzweigen.*) Bei Affektionen des Corpus geniculatum externum selbst gelangt nach *Henschen***) in der That keine hemiopische Reaktion zur Beobachtung; man muss daher annehmen, dass die Pupillenfasern den Tractus schon vor Erreichung des lateralen Kniehöckers verlassen.

Diese anatomischen Ermittelungen stimmen also in gewisser Hinsicht überein mit den Hauptergebnissen meiner physiologischen Untersuchungen.***) Nichtsdestoweniger erscheint die Frage nach dem

---

*) Das Nähere hierüber s. meine Arbeit „Rétrécissement réflexe de la pupille par la lumière“, Arch. Slaves de Biologie, 15. Mars 1886. (In dem Texte derselben ist ein eigentümlicher Druckfehler — corps. cendré statt cineré — untergelaufen). Vgl. auch meinen Artikel „Über pupillenverengernde Fasern“, Neurol. Centr. 1894.

**) Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Bd. III, Upsala 1894.

***) Es ist ganz natürlich, dass physiologische Untersuchungen über das Verhalten einer Leitungsbahn niemals so ins einzelne gehen können, wie anatomische Studien dieser Art. Jene eruieren nur den allgemeinen Verlauf der Bahn, diese verfolgen sie Schritt für Schritt mit genauer Berücksichtigung aller feinsten Einzelheiten und vorkommenden Abweichungen. Insofern beurteilt *Darkschewitsch* meine Untersuchungen über die Pupillenfasern nicht in der rechten Weise. Statt im all-

anatomischen Verlauf der Pupillenfasern bei weitem nicht endgiltig erledigt, trotz der erwähnten Untersuchungen von *Darkschewitsch.* Denn jenes Gebilde, welches *Darkschewitsch* als oberen Oculomotoriuskern aufführt, steht, wie wir sahen, thatsächlich in keinen Beziehungen zu den Wurzeln dieses Nerven, sondern entspricht dem Kern der hinteren Kommissur, in welchem die Fasern der letzteren und die des hinteren Längsbündels eine Unterbrechung ihrer Bahn erfahren.

Es erhellt hieraus, dass entgegen der Annahme von *Darkschewitsch* in dem fraglichen Kern keine Unterbrechung des Reflexbogens für die Irisbewegung stattfinden kann. Dagegen habe ich mich bei meinen Untersuchungen davon überzeugen können, dass der ventrale Abschnitt der hinteren Kommissur nicht nur mit jenem Kern, sondern auch mit den wirklichen Kernen des Nerv. oculomotorius, insbesondere mit dessen accessorischen Kernen in Zusammenhang steht (Fig. 183). Dieser Befund erscheint geeignet, den in den vorhin angeführten Ergebnissen von *Darkschewitsch* enthaltenen Widerspruch bis zu einem gewissen Grade zu eliminieren.

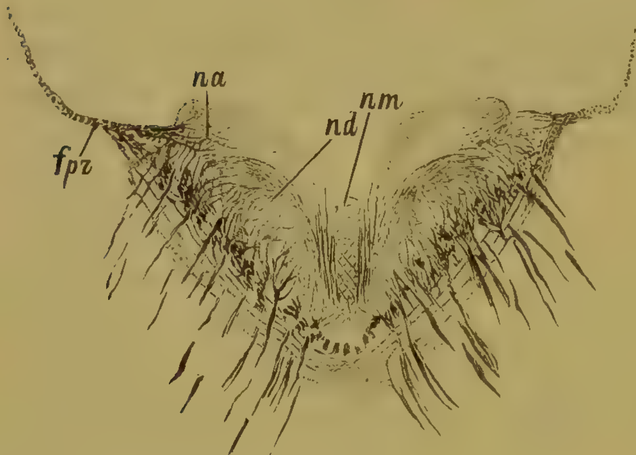



Fig. 183.

Schnitt durch die Gegend der Oculomotoriuskerne. *nd* hinterer oder Hauptkern; *nm* medialer Kern; *na* accessorischer Kern, nach hinten-aussen vom Hauptkern gelegen; *fpr* Faserbündel der tiefen Markschicht des Vierhügels, teilweise zum accessorischen Kern hinziehend.

Die Pathologie liefert zahlreiche Belege dafür, dass die Pupillenfasern im Bereiche des centripetalen Teiles des Reflexbogens in gewisser Ausdehnung getrennt von den Sehfasern verlaufen. So sind Fälle beobachtet, wo nach Zerstörung des vorderen Vierhügels trotz bestehender totaler Erblindung die Lichtreaktion erhalten war. Ferner ist in der Pathologie der Tabes dorsalis und der progressiven Paralyse der Irren schon seit langer Zeit ein Zustand bekannt, welcher als Pupillenstarre bezeichnet wird und dessen Wesen darin besteht, dass bei erhaltenem Sehvermögen und regelrechter Beweglichkeit des Auges die Kontraktionsfähigkeit der Iris nur im Zustande der Konvergenz und Akkommodation sich offenbart, während bei Lichteinfall

---

gemeinen eine Übereinstimmung seiner Befunde mit den meinigen zu erkennen, erblickt er in letzteren einen Widerspruch (vgl. meinen Artikel: „*L. O. Darkschewitsch*, Über die Fortleitung des Lichtreizes von der Retina auf den Nerv. oculomotorius“ im Arch. f. Psychiatrie, Bd. XIII, 1889).

völlige Unbeweglichkeit der Pupille besteht. *Moeli* konstatierte bei der genaueren Untersuchung solcher Fälle in der Regel chronische Veränderungen im Gebiete der centralen grauen Substanz des III. Ventrikels. Er beschreibt eine Geschwulst in letzterer Gegend, welche weder mit dem Opticus, noch mit dem Oculomotorius in Verbindung stand; zu Lebzeiten erschienen die Pupillen bei erhaltenem Sehvermögen und normaler Beweglichkeit der Augen auf beiden Seiten gleichmässig bis zu 5 mm weit, zeigten jedoch keinerlei Lichtreaktion, wogegen bei Konvergenz der Augenachsen prompte Iriskontraktionen erfolgten.

*Weir-Mitschel* teilt einen Fall mit, in welchem das Chiasma durch Einlagerung eines Tumors in eine rechte und linke Hälfte zerfallen war; Nervus und Tractus opticus der einen Seite erschienen infolgedessen fast vollständig isoliert von den entsprechenden Teilen der anderen Seite. Klinisch offenbarte sich die Geschwulst in bitemporaler Hemianopsie bei normaler Lichtreaktion der Pupillen. In diesem Falle konnte durch Übertragung der Impulse von der einen auf die andere Seite — und zwar hinter dem Chiasma — augenscheinlich eine sympathische Lichtreaktion in ähnlicher Weise erfolgen, wie bei meinen Versuchshunden, denen ich das Chiasma in antero-posteriorer Richtung durchschnitten hatte.

In einem von *Baumeister* beobachteten Fall war beiderseits die sympathische Lichtreaktion aufgehoben, wohl aber verengerten sich die Pupillen unter dem Einfluss direkten Lichtes. In den Akten der Pathologie findet man aber auch Fälle aufgezeichnet, wo bei vollem Sehvermögen und normalem Verhalten der Augenbewegungen einseitiger Verlust der direkten Lichtreaktion der Pupille sich offenbarte, während die sympathische Reaktion in voller Deutlichkeit nachweisbar war. Endlich veröffentlichte unlängst *E. Redlich* einen Fall von progressiver Paralyse, in welchem die Pupille des einen Auges keine Lichtreaktion darbot, aber von sich aus eine solche in der Pupille des anderen Auges auslöste; letztere kontrahierte sich bei direkter Beleuchtung, rief aber in ersterer keine sympathische Reaktion hervor.

Bei Blindheit infolge von Affektionen eines der Sehnerven ist der Pupillarreflex bei direkter Beleuchtung gänzlich aufgehoben, die sympathische Reaktion der Pupille aber erscheint normal. Ist einer der Tractus optici ergriffen, so entwickelt sich neben Hemianopsie der sogenannte hemiopische Pupillenreflex, indem nur die erblindeten Netzhautabschnitte unerregbar geworden sind, während die lichtempfindlichen Teile derselben einen merklichen Pupillenreflex hervorrufen. Dahingegen findet man bei isolierten Affektionen des Corpus geniculatum externum, sowie bei solchen der optischen Bahn im Bereiche des Occipitalhirns, trotz bestehender Hemianopsie in der Regel keinerlei Veränderungen des Pupillenreflexes.

Die soeben geschilderten Beobachtungen sind geeignet, eine wesentliche Lücke in unseren anatomischen Vorstellungen von dem intracerebralen Verlauf der Pupillenfasern auszufüllen. Aus denselben scheint hervorzugehen, dass die mit dem Sehnerven zum Chiasma gelangenden Pupillenfasern hier einer partiellen Kreuzung unterliegen, sodann in dem Tractus opticus bis zum Corp. genic. ext. verlaufen und sich schliesslich einwärts wenden, um — wahrscheinlich unter abermaliger partieller Kreuzung — durch den hinteren Abschnitt der Thalami und die hintere Gehirnkommissur sich zu ihrem Centrum bezw. zu einem der Oculomotoriuskerne zu begeben. Nur so ist das wechselnde Verhalten der direkten und sympathischen Pupillenreaktion, wie es in pathologischen Fällen zur Beobachtung gelangt, zu erklären.




Fig. 184.
Schnitt durch das Chiasma opticum des Kaninchens. *Weigert*sche Färbung. *tro* Tractus opticus; *F* Fornix; *fch* Faserzüge vom Chiasma zu dem Grau des III. Ventrikels; *ch* Chiasma.

Hinter der Sehnervenkreuzung zweigt sich aus dem Tractus opticus ein Faserzug geradenwegs zum centralen Grau des III. Ventrikels ab. Er ist am Gehirn einiger Tiere, beim Kaninchen z. B. mit grosser Leichtigkeit darstellbar (Fig. 184). Seine Bedeutung ist unbekannt. Vielleicht werden hier optische Impulse dem Gleichgewichtsorgane am III. Ventrikel (s. unten) zugeführt.

Nach *Bogroff* bilden Fasern, die aus den Nn. optici continuirlich zur centralen grauen Substanz verlaufen, eine besondere Wurzel des Sehnerven, welche sich ihm von der basalen Fläche des Thalamus her an jener Stelle gesellt, wo der Tractus opticus an dem Tuber cinereum vorbeizieht.*) Was die Funktion dieser Wurzel anlangt, so schreibt ihr der genannte Autor die Fortleitung des Pupillenreflexes

---

*) Die Bahn dieser Wurzel hat *Bogroff* in *Flechsig*s Laboratorium auf Sagittalschnitten durch Thalamus und Vierhügel genauer verfolgt. Aus dem Sehnerven geht, wie solche Durchschnitte zeigen, schräg von vorne nach hinten ein Bündel ab, welches nach Erreichung der von den basalen Teilen der Rinde dem Thalamus zustrebenden Fasern (Stil. inf. thal. opt.) sich in der Masse der letzteren verliert. Fasern jenes Bündels treten auf Durchschnitten zuallererst in unmittelbarer Nähe der inneren Thalamusfläche auf. Nach *Bogroff* gelangt ein kleinerer Teil desselben zum Tractus opticus unterhalb der Faserzüge der *Meynert*schen Kommissur, der grössere Teil verläuft vor dieser; einige wenige Fasern durchdringen das sogenannte Ganglion basale opticum, und dieser Umstand scheint *Meynert* zu der irrtümlichen Annahme geführt zu haben, es entspringe ein Teil der Sehnervenfasern in dem Ganglion basale opticum.

zu, in der wie mir scheint nicht einwandfreien Annahme, dass ihre weiteren Bahnen die Kerne des Oculomotorius erreichen.

Nach späteren Untersuchungen von *Pribytkow* muss das Vorkommen einer solchen Wurzel indessen fraglich erscheinen und stellt dieselbe möglicherweise nichts anderes vor, als den Fasciculus tuberis cinerei. Auch das Vorhandensein des von *L. Darkschewitsch* beschriebenen Faserzuges konnte *Pribytkow* nicht bestätigen. Ferner beobachtete er nach Entfernung der Augäpfel bei Tieren weder Atrophie der hinteren Kommissur, noch solche des Nucl. habenulae, im Gegensatze zu *Mendel*, nach welchem Exstirpation der Iris bei Tieren Atrophie der hinteren Kommissur und des gleichseitigen Nucl. habenulae zur Folge hat. Ebenso bestreitet *Henschen* die im obigen erwähnten Ableitungen von *Darkschewitsch*, indem er sich darauf stützt, dass der sogenannte obere Kern des Oculomotorius in Wirklichkeit mit diesem Nerven nichts zu thun hat. Nach Ansicht von *Henschen* verlaufen die Pupillenfasern im Tractus opticus, woselbst sie einen Teil des oberflächlichen und tiefen Bündels der medialen Wurzel ausmachen, und treten nicht in das Corpus geniculatum externum ein, sondern begeben sich direkt zum vorderen Vierhügel. Doch ist darauf hinzuweisen, dass Läsionen im Bereiche der vorderen Vierhügelhöcker, wie ich an Hunden experimentell festgestellt habe, keine merklichen Veränderungen der Lichtreaktion der Pupillen zur Folge haben. Diese Thatsache zeugt offenbar dafür, dass ein Eintritt von Pupillenfasern in die Tubercula quadrigemina anteriora überhaupt nicht statt hat. Durchtrennung der Commissura posterior bezw. ihres ventralen Abschnittes führt nach Experimenten von *L. Darkschewitsch* und *N. Wyroboff* (mein Laboratorium) zu Abschwächung der Pupillenreaktion. Andererseits haben, wie mir von meinen eigenen Untersuchungen her schon seit vielen Jahren bekannt ist, Läsionen des distalen Thalamusabschnittes, im Gegensatz zu solchen des proximalen, Veränderungen der Pupillenweite zur Folge und bedingen nach neuerlichen meine Ergebnisse weiter bestätigenden Untersuchungen *Kaufmanns* auch Herabsetzung der Lichtreaktion. Die Pupillenfasern müssen somit, nachdem sie in der Nähe des lateralen Kniehöckers den Tractus opticus verlassen, durch den distalen Thalamusabschnitt und die ventrale Abteilung der Commissura posterior hindurchgehen. Letztere aber, im Gegensatze zu den dorsalen Kommissurenfasern schon frühzeitig markhaltig (*ich*), steht nach meinen Befunden nicht nur zu dem Nucleus commissurae posterioris, welchen *Darkschewitsch* irrtümlich mit dem Nucl. oculomotorii identifiziert, sondern auch zu den wirklichen Oculomotoriuskernen in Beziehungen. Es bliebe nur noch zu eruiren, auf welchen Bahnen die Pupillarfasern des Tractus opticus die hintere Gehirnkommissur erreichen. Nach der schon angeführten Darstellung *Darksche-*

*witschs* sollen sie vor dem lateralen Kniehöcker als besonderer Strang den Tractus verlassen und zu dem Ganglion habenulae hinziehen, um sodann in den Pedunculus conarii und in die Commissura posterior einzutreten. *Kaufmann* (aus dem Laboratorium von *L. Darkschewitsch*) nennt als Bestandteile dieser Bahn die dem Corp. genic. lat. zugehenden Tractusfasern, Fasern des Strat. zonale thalami, das Gangl. habenulae nebst der Epiphysis und die Commissura posterior. Doch meldet *Darkschewitsch* selbst (Jahresbericht der Universität Kasan, 1896, S. 154), dass die bezüglichen Erhebungen *Kaufmanns* an Vollständigkeit zu wünschen übrig lassen. In anatomischer Beziehung enthalten somit unsere Kenntnisse über Verlauf und Richtung der Pupillenfasern noch mancherlei nicht unerhebliche Lücken, doch bieten die bisher gewonnenen wesentlichen Ergebnisse eine gute Grundlage für künftige Untersuchungen dar.

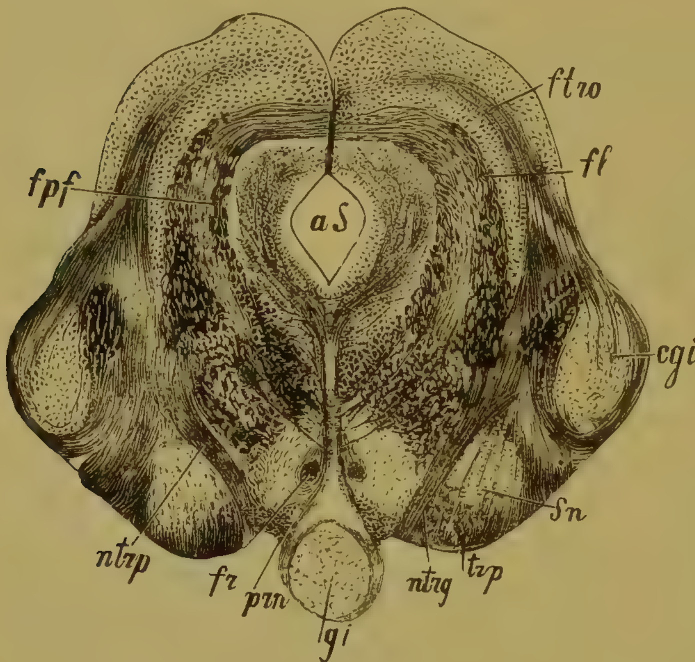



Fig. 185.

Querschnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Fasern der Schleifenschicht; *cgi* Corpus geniculatum internum; *sn* Substantia nigra; *trp* Tractus transversus pedunculi; *ntrp*, *ntrg* konischer Endkern des letzteren; *gi* Ganglion interpedunculare; *pm* Pedunculus corporis mammillaris; *fr* Fasciculus retroflexus; *fpf* Fasern vom tiefen Mark des vorderen Vierhügels; *aS* Aquaeductus Sylvii. *Weigert.*

*Stilling* hat seiner Zeit eine Wurzel des Tractus opticus beschrieben, welche zum verlängerten Marke herabsteigen soll. Jedoch ist es für den Menschen und die höheren Säugetiere noch nicht gelungen, das Vorkommen einer solchen Wurzel zu bestätigen. Unlängst fand *Angelucci* bei Untersuchung der Sehnervenendigungen an normalen und degenerierten Hirnen, dass die absteigende spinale Tractuswurzel von *Stilling*, wie *Weigert*sche Präparate lehren, aus Bindegewebe bestehe.*)

Endlich verfolgte *Gudden* mittelst der Atrophiemethode ein

*) *Perlia* (Fortschr. d. Medicin VII. 2. 1889) beobachtete nach Bulbusenukleation bei Vögeln (Huhn und Sperling) Atrophie eines ansehnlichen Faserzuges, welcher durch das gesamte Mittelhirn bis zur Medulla oblongata sich erstreckte, wo er in einem lateral vom Trochlearis gelegenen Kern endigte.

Faserbündel vom Tractus angeblich unmittelbar zur Hirnrinde (direkte Rindenwurzel des Tractus *Gudden*), und beschrieb ferner als Tractus peduncularis transversus einen Faserzug, welcher lateral um den Hirnschenkel biegt und in der Tiefe des letzteren, wie erwähnt, in einem kleinen konischen Kern endigt (Fig. 185 *ntrp*)*).

Jene Rindenwurzel *Guddens* erscheint aber in Wirklichkeit völlig unabhängig von der Netzhaut. Sie verläuft im hinteren Abschnitt des Tractus, ist darin tief verborgen und kann durch Atrophieversuche in isoliertem Zustande dargestellt werden (*Ganser*). Hierbei erweist es sich, dass der Faserzug am lateralen Rande des Hirnschenkels hakenförmig umbiegt, nach Umgehung des medialen Kniehöckers an das Corp. genic. lat. herantritt und der Richtung des Tractus opticus folgend den vorderen Vierhügel erreicht. Nach seinem Austritt aus letzterem dringt er, gemäss den Ermittelungen von *v. Monakow*, welcher ihn als Stiel des vorderen Zweihügels bezeichnet, in den Raum zwischen Kniehöcker und hinterem Kern des Thalamus opticus ein, biegt um das Corpus geniculatum laterale, geht sodann in den äusseren Abschnitt des Hirnschenkelfusses über und betritt schliesslich den hinteren Schenkel der inneren Kapsel. Ein direkter Übergang von Opticusfasern in die Grosshirnhemisphären, wie solches von einigen Autoren (*Forel*, *Obersteiner*, *Wernicke* u. A.) angenommen wird, kommt thatsächlich nicht vor.

Der Tractus peduncularis transversus geht, wie *v. Gudden* zuerst dargethan hat, nach Enukleation des Auges ausnahmslos in Degeneration über. Er verknüpft somit die Sehnerven bezw. die Retina unmittelbar mit der Formatio reticularis.**) Das von *Meynert* in der grauen Substanz hinter dem Chiasma beschriebene Ganglion basale opticum wurde *v. Gudden* weder bei einseitiger, noch bei doppelseitiger Enukleation des Auges atrophisch gefunden und kann daher zu dem Sehorgan keine Beziehungen haben. Ebensowenig vermochte *v. Gudden* nach Entfernung Eines Auges Erscheinungen von Atrophie im anderseitigen Nerven nachzuweisen, was zu dem Schluss nötigt (s. oben), dass die Annahme einer vorderen bogenförmigen Kommissur auf Irrtum beruht.

Die sogenannte *Meynert*sche Kommissur (Fig. 186 *cM*) verläuft nur eine kurze Strecke in Gesellschaft des Tractus opticus und

---

*) Die Angabe von *Perlia*, der Tractus peduncularis transversus steige zu dem Kern des Nerv. oculomotorius empor, beruht wohl auf einem Irrtum.

**) *Edinger* entdeckte bei Amphibien, Reptilien und Fischen eine besondere Opticuswurzel, welche an der Hirnbasis aus einem dem Corpus mammillare zu analogisierenden Ganglion hervorgeht. Letzteres steht seinerseits in Verbindung mit dem Ganglion habenulae (s. unten), wo bekanntlich der Sehnerv des Parietalauges der Reptilien seinen Ursprung nimmt.

hat in Wirklichkeit weder zu letzterem, noch zu den Opticuskernen irgendwelche Beziehungen. Sie besteht vielmehr im wesentlichen aus der Fortsetzung von Schleifenfasern, welche von dem Corpus subthalamicum der einen Seite zum Linsenkern bezw. zum Globus pallidus der anderen Seite hinziehen (s. unten).

Bei der Frage nach dem Verlauf der Opticusbahnen sind mancherlei wichtige Aufschlüsse zu gewinnen durch Untersuchungen an von Natur blinden Geschöpfen. Ohne mich hier auf unnötiges Detail einzulassen, möchte ich nur erwähnen, dass dem Maulwurf meinen eigenen Beobachtungen zufolge bei rudimentärem Tractus opticus der proximale Kniehöcker total fehlt, während der distale im Gegenteil ausserordentlich stark entwickelt ist. Der proximale Vierhügel erscheint im Gegensatz zu dem distalen in der Entwickelung zurückgeblieben, die Schicht der Opticusfasern ist in demselben entweder überhaupt nicht vorhanden oder bis zur Unkenntlichkeit reduziert. Die *Meynert*sche Kommissur ist deutlich vorhanden, aber nur von mässiger Stärke. Der Tractus peduncularis transversus fehlt gänzlich, ebenso der konische Kern, in welchem er bei anderen Geschöpfen zu endigen pflegt. Gut ausgeprägt findet sich die tiefe Schicht des vorderen Zweihügels nebst der fontänenartigen Kreuzung und in gleicher Deutlichkeit der Fasciculus retroflexus *Meynert* (s. unten). Ziemlich gut entwickelt sind die Faserzüge vom Ganglion habenulae zur Zirbel und von dieser zur hinteren Kommissur. Das gleiche gilt von den Fasern der hinteren Kommissur, ihrem ventralen Abschnitt und ihrem Kern, während das in letzterem und in den Oculomotoriuskernen endigende hintere Längsbündel ungemein schwach ausgebildet ist. Der Nervus oculomotorius und seine Kerne erscheinen völlig rudimentär. Faserzüge vom Tractus opticus zur centralen grauen Substanz sind nicht nachweisbar.

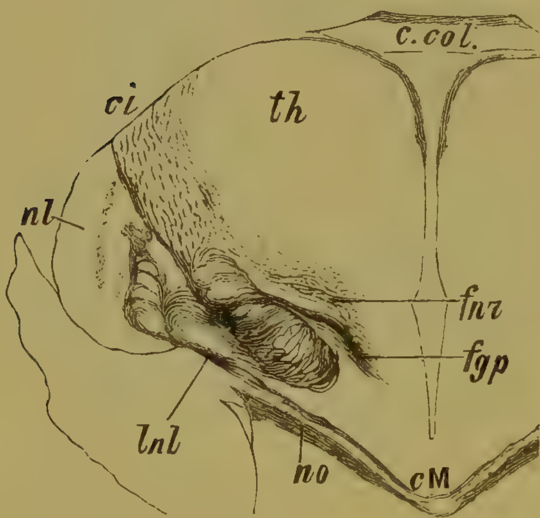



Fig. 186.

Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. *c.col* Balken; *th* Sehhügel; *ci* innere Kapsel; *nl* Linsenkern; *no* Sehnerv; *fnr* Faserzug vom roten Kern zum Sehhügel; *fgp* Bündel vom roten Kern zum Globus pallidus; *cM Meynert*sche Kommissur, deutlich in die Linsenkernschlinge (*lnl*) übergehend.

Was die Endigung von Tractusfasern im vorderen Vierhügel betrifft, so haben neuerliche Untersuchungen hierüber folgendes ermittelt:

*Tartuferi* teilt sämtliche Tractuselemente in Sehfasern und in optische oder Augenfasern. Jene sollen nach Entfernung des Auges total entarten und verschwinden, diese hingegen nur an Zahl sich verringern. Die Sehfasern machen nach *Tartuferi* im Chiasma eine totale Kreuzung durch und verlaufen im anderseitigen Tractus; im vorderen Vierhügel bilden sie den oberflächlichen oder Opticusteil seiner grau-weissen Schicht bezw. das oberflächliche Mark von *Ganser*, und endigen in der Cappa cinerea. Die optischen oder Augenfasern entsprechen dem oberen oder hinteren Teil des Chiasma, bilden weiterhin den hinteren Abschnitt des Tractus und gehen im vorderen Vierhügel in den tiefen Teil der grauweissen Lage bezw. in die mittlere Markschicht von *Ganser* über.

Nach *Ganser* atrophiert die dritte Schicht bezw. das äussere Mark des vorderen Vierhügels nach Durchschneidung der Sehnerven, steht also in direktem Zusammenhang mit dem Tractus opticus. Die fünfte Schicht oder das mittlere Mark leitet *Ganser* aus der inneren Kapsel bezw. aus dem Occipitallappen, *Tartuferi* aus der hinteren Kommissur ab. Übrigens giebt auch *Ganser* zu, dass die hintere Kommissur Beziehungen hat zu dem mittleren Mark des vorderen Vierhügels.

*Monakow* unterscheidet zwei Systeme von Opticusfasern: 1. feinere Fasern aus dem vorderen Vierhügel, dessen in dem oberflächlichen Grau (Cappa cinerea) enthaltene Zellen nach Entfernung des Auges atrophieren, und 2. stärkere Fasern, aus den grossen multipolaren Zellen der Netzhaut. Die Augenfasern *Tartuferis* stehen nur teilweise in ununterbrochenem Zusammenhang mit dem Sehnerven. Die Sehfasern des Tractus verlaufen im Brachium des vorderen Vierhügels, wie von mir bereits vor Jahren auf experimentellem Wege nachgewiesen worden ist.

Das Stratum zonale des vorderen Vierhügels erleidet, wie spätere Versuche dargethan haben, bei Enukleation des Auges keine Veränderungen und hat somit keinen kontinuierlichen Zusammenhang mit der Retina. Deutliche Degenerationserscheinungen sind dagegen in solchen Fällen am oberflächlichen Mark des Vierhügels beobachtet worden (*Pribytkow*).

An *Weigert*schen Präparaten vom Kaninchen und Meerschweinchen können die Endigungen der Opticusfasern ganz unmittelbar verfolgt werden. Hier treten sie zu den vorderen zwei Dritteln des Vierhügels und breiten sich an dessen äusserer Peripherie aus, während die innere Peripherie Fasern zum Ursprung dient, welche der Hirnrinde zustreben. Letztere sind nicht zu verwechseln mit jenen Elementen, die aus der mittleren Markschicht hervorgehend sich durch die innere Kapsel zur Hemisphärenrinde begeben und als wesentliche Bestandteile der hinteren Kommissur ein besonderes System darstellen.

Im Anschlusse an die vorstehende Schilderung des Verhaltens der Wurzelfasern im Gehirnstamm erübrigt es, mit einigen Worten die Endigungsweise der Gehirnnerven in ihren Kernen zu berühren. Besonders lehrreiche Ergebnisse liefert in dieser Beziehung die Behandlung der Präparate nach dem Verfahren von *Golgi*. Derartige Untersuchungen, von welchen zum Teil schon bei der Betrachtung der Acusticusendigungen die Rede war, thun dar, dass die motorischen Gehirnnerven einschliesslich der absteigenden Quintuswurzel und der in dem Nucl. ambiguus entspringenden Vago-glossopharyngeusfasern aus ihren Ursprungskernen in der nämlichen Weise sich entwickeln, wie die ventralen Wurzeln aus den motorischen Vorderhornzellen des Rückenmarkes, mit anderen Worten, sie werden durch Achsencylinderfortsätze von Nervenzellen dargestellt. Die Ursprungszellen der moto-

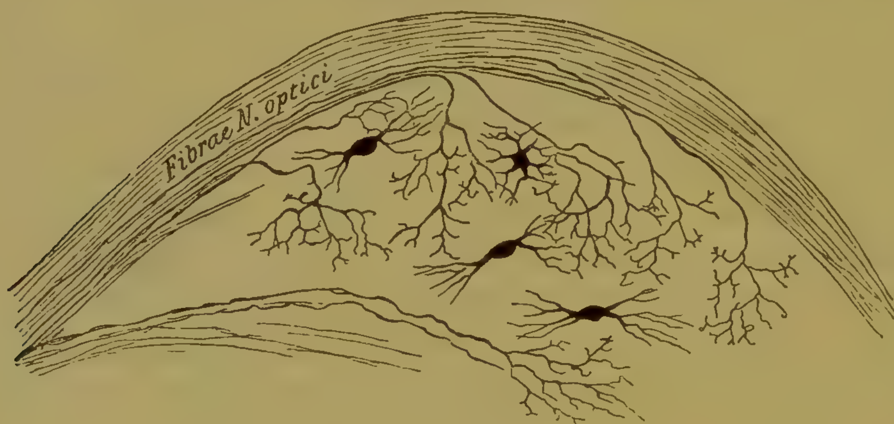



Fig. 187.

Schnitt durch das Corpus geniculatum laterale der Katze.
Eintritt von Opticusfasern und deren Verästelung in Form von Endbäumchen. *Ramón y Cajal.*

rischen Hirnnerven zeigen denselben Typus multipolarer Elemente, wie die entsprechenden Rückenmarkszellen. Ihre Neuriten, als Wurzelfasern peripheriewärts ziehend, geben ähnlich den Vorderwurzeln des Markes auf ihrem Wege Kollateraläste ab, teils schon innerhalb des Kerns, teils nach geschehenem Austritt aus demselben. In Beziehung auf den Nerv. abducens und den Hypoglossus ist zu bemerken, dass ein kleiner Teil ihrer Wurzelfasern aus zerstreutliegenden grossen multipolaren Zellen der Formatio reticularis herkommt. Ebenso entspringt ein Teil der Oculomotoriuswurzeln ausserhalb ihres Kerns in Zellen ventral von dem hinteren Längsbündel. Die grossen Multipolarzellen der Hirnnervenkerne sind ihrer Natur nach sämtlich Wurzelzellen. Eine Ausnahme bilden nur die Kerne des Nerv. oculomotorius, wo ausser Wurzelzellen auch Zellen vorkommen, deren Neuriten im hinteren Längsbündel weiter verlaufen, sowie ferner die Hypoglossuskerne, welche neben Wurzelzellen augenscheinlich eine Anzahl Associationszellen beherbergen.

Im Gegensatz hierzu endigen die sensiblen Gehirnnerven, den Opticus nicht ausgenommen, mit feinen Ramifikationen in der Umgebung von Zellen ihrer primären Kerne (Fig. 187). Wie der Ursprung der hinteren Wurzeln auf die intervertebralen Ganglien zurückgeht, liegt der wahre Ursprung der sensorischen Gehirnnerven in peripheren Ganglien (Ganglion jugulare, petrosum, acusticum, Gasseri, geniculi u. s. f.).*)

Von den Gehirnnerven zeigen einige, wie der Nerv. cochleae und Nerv. vestibuli, ferner der Vagus und Glossopharyngeus bei ihrem Eintritt in das Gehirn eine Teilung ihrer Fasern. Ausserdem sind an sämtlichen sensiblen Hirnnerven feine Kollateralen nachweisbar.

Wie neuere Untersuchungen von *Held***) und Anderen darthun, teilen sich die sensiblen Wurzeln des Vagus und Glossopharyngeus, analog den hinteren Rückenmarkswurzeln, in absteigende und aufsteigende Äste. Erstere erzeugen im verlängerten Mark den sogenannten Fasciculus solitarius, von welchem nach den Seiten hin zahlreiche Kollateralen abgehen, deren Endverästelungen die Gegend der Ala cinerea erreichen.

Die vestibulare Acusticuswurzel zerfällt gleichfalls in auf- und absteigende Äste. Diese entsprechen in ihrer Gesammtheit der aufsteigenden Wurzel des Acusticus; jene bilden den Rest der vestibularen Wurzel, deren Fasern im *Deiters*schen Kern, im Nucl. nervi vestibularis und in dem sogenannten hinteren bezw. inneren Acusticuskern zur Endigung gelangen.

Ebenso entwickelt der Ramus cochlearis des Gehörnerven nach den Ermittelungen von *v. Kölliker* bei seinem Eintritt in das Gehirn T-förmige Teilungen seiner Fasern.

Ganz ähnliche Faserteilungen finden sich endlich am Trigeminus. Die absteigenden Äste bilden dessen sogenannte aufsteigende Wurzel, die Kollateralen derselben finden in der Umgebung von Zellen der Substantia gelatinosa ihre Endaufsplitterung. Die Neuriten dieser Zellen aber verlaufen gleich Bahnen zweiter Ordnung in den Vorderseitensträngen teils aufwärts, teils abwärts (*Held*).

Als primäre Endstätten der sensorischen Nerven des verlängerten Markes sind folgende Gegenden anzusehen: für den sensori-

*) Die Ganglien der Hirnnerven enthalten analog den Spinalganglien Zellen mit T-förmig sich teilendem Fortsatz. Ausgenommen sind die Acusticusganglien. Das Ganglion spirale cochleae sowohl wie die Intumescentia ganglioformis Scarpae bestehen bei allen Wirbeltieren einschliesslich des Menschen aus bipolaren Elementen, welche erwiesenermassen die embryonale Form der T-förmig verästelten Zellen darstellen.

**) Archiv f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1892 Heft 1 u. 2 1893, S. 435.

schen Vago-glossopharyngeus — die Ala cinerea, für den Nerv. vestibularis — der gesamte (?) Boden nebst der Seitenwand des IV. Ventrikels, für den Nerv. cochlearis — der vordere Kern des Gehörnerven und das Tuberculum acusticum, für die Portio major des Trigeminus — der sensible Kern dieses Nerven. Die sogenannten aufsteigenden Wurzeln der Autoren bestehen aus absteigenden Wurzelfasern. Es bilden die absteigenden Äste des Vagoglossopharyngeus den sogenannten Fasciculus solitarius des verlängerten Markes; der mediale Abschnitt des Corpus restiforme enthält die absteigenden Äste des Nerv. vestibularis; die aufsteigende Wurzel des Trigeminus — dessen absteigende Äste. Diese absteigenden Fasern verschmächtigen sich spinalwärts nach und nach durch Abgabe frei endigender Kollateralen. Die Wurzelfasern selbst endigen in den hinzugehörigen Kernen stets mittelst freier Verästelungen, nirgends gehen sie Anastomosen miteinander ein.

Beachtung verdient der Umstand, dass die absteigenden Wurzeln der sensorischen Hirnnerven bezüglich ihrer Lage nicht streng abgrenzbar erscheinen. So kommen in dem medialen Abschnitt des Corpus restiforme neben absteigenden Ästen des Nerv. vestibularis Kollateralen von Wurzelfasern des Trigeminus, des Vagus und Glossopharyngeus vor, welche Wurzelfasern ebenso wie der Nerv. vestibularis ramifizierte Kollateralen zum Grau des vierten Ventrikels abgeben. Es können darum die primären Kerne des Ramus vestibularis acustici nicht ausschliesslich als Endstätten des Nerv. vestibularis angesehen werden.

Die genannten primären Ganglien der sensorischen Hirnnerven erweisen sich nur als relative Endkerne. Ein grosser Teil der eintretenden Wurzelfasern findet in ihnen thatsächlich sein Ende, ein anderer Teil aber geht in innere Bogenfasern über. Solche Fibrae internae, welche sich aus den Endigungsstätten sensibler Nerven entwickeln, stellen somit direkte Verästelungen von Wurzelfasern dar. Jeder der sensorischen Hirnnerven besitzt, von den absteigenden Ästen, welche in longitudinaler Richtung zahlreiche Beziehungen gewinnen, ganz abgesehen, eine verhältnismässig umfangreiche Endausbreitung. Die Formatio reticularis, das centrale Höhlengrau, ja die anderseitige Hälfte des Gehirnstammes erscheinen teilweise durchsetzt von Endramifikationen sensibler Nerven. Der Locus coeruleus gehört zu den primären Endstätten des Trigeminus.

Die das Bereich ihrer primären Endstätten überschreitenden sensiblen Wurzelfasern haben analog den Kollateralen der hinteren Rückenmarkswurzeln offenbar die Bedeutung von Reflexbahnen.

Was die Nervenzellen in den Kernen der sensorischen Hirnnerven betrifft, so lassen sie, abgesehen von morphologischen Verschiedenheiten ihrer Körper und Dendriten, zwei Hauptformen erkennen:

1. Zellen, deren Neurit sich entweder unmittelbar in der primären Endstätte der Wurzel verästelt oder aus derselben heraustretend mit seinen Ramifikationen nur in querer Richtung Beziehungen ermöglicht. Der erste Fall, wobei es sich um *Golgi*sche Zellen handelt, ist im ganzen seltener als der zweite. Dort hat die Zelle als Leitungsbahn nur lokale Bedeutung, hier dagegen wird einer Fortleitung sensibler Erregungen über ausgedehnte Strecken eines gegebenen Querschnittes im Hirnstamm Vorschub geleistet.

2. Zellen, deren Neurit zu einer Längsfaser des Gehirnstammes wird. Hin und wieder findet ein Zerfall in je zwei bis drei ebenfalls in Longitudinalfasern übergehende Äste statt, wie bei jenen Rückenmarkszellen, welche die Äste ihrer Neuriten in verschiedene Stränge hinein abgeben. Solche Zellen dienen augenscheinlich zum Anschluss an sekundäre sensorische Bahnen oder Systeme, haben somit den Wert von Systemzellen und bilden Analoga der Strangzellen des Rückenmarkes.

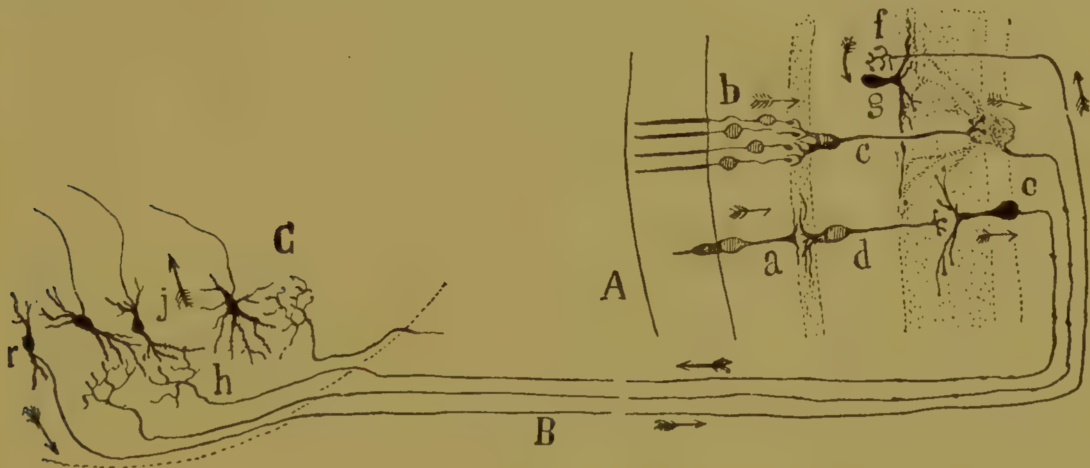



Fig. 188.

**Der Verlauf der Nervenreize von den Stäbchen und Zapfen der Netzhaut bis zu den Corpora geniculata.** Nach *Ramón y Cajal.*

*A* Netzhaut; *B* N. und Tract. opticus; *C* Corpus geniculatum externum; *a* Zapfen; *b* Stäbchen; *c* bipolare Stäbchenzellen; *d* bipolare Zapfenzellen; *e* Ganglienzellen; *f* Centrifugalfasern; *g* Spongioblasten; *h* freie Nervenendigungen aus der Netzhaut; *g* Nervenzelle, welche mittelst ihres Dendriten die ankommenden optischen Reize aufnimmt; *r* Ursprungszellen centrifugaler Opticusfasern.

Bezüglich des Verhaltens der Opticusendigungen in den Centren dieses Nerven lassen sich die Ergebnisse neuerer Untersuchungen in folgenden Sätzen zusammenfassen.

Ein beträchtlicher Teil der Sehnervenfasern endigt mit reichlichen büschelförmigen Verästelungen frei in den optischen Centren des Mittelhirns, nämlich in der oberflächlichen Schicht des vorderen Vierhügels und im lateralen Kniehöcker (Fig. 188)*). Andere Sehnervenfasern nehmen als Neuriten in Zellen jener Kerne ihren Ursprung; ihnen

*) In Übereinstimmung mit diesem Satz haben Untersuchungen von *Keibel* und *His* dargethan, dass ein Teil der Sehnervenfasern aus den grossen Zellen der Netzhaut in centripetaler Richtung hirnwärts auswächst.

entsprechen offenbar die im früheren erwähnten freien Endigungen in der Retina. Zwischen den zahlreichen Endpinseln im Mittelhirn sind spindelförmige Zellen eingelagert, deren Dendriten mit jenen überall in Kontakt treten.

Die Opticusbahn setzt sich, dem Angeführten zufolge, aus vielen Abschnitten oder Etappen zusammen, welche durch die Verästelungen der Faserenden miteinander in Beziehung stehen (Fig. 188). Solche Beziehungen finden sich vor allem zwischen den Aussenverästelungen der Zapfen und Stäbchen und den Dendriten der Bipolarzellen der Netzhaut; zwischen den Endbäumchen der letzteren und den Dendriten der grossen retinalen Ganglienzellen; zwischen den Neuriten dieser Zellen und den spindelförmigen Nervenzellen der Opticuscentra. Weitere Leitungswege entstehen nach *Ramón y Cajal* bei Vögeln durch Kontakt der Achsencylinder des Tectum opticum mit den verästelten Zellen verschiedener Schichten des Mittelhirns, die ihrerseits neue, in ihrer Endigungsweise nicht näher bekannte Systeme aus sich hervorgehen lassen. Ferner giebt es sowohl in der Netzhaut, wie auch im Mittelhirn Systeme von Associationsbahnen. Im Vierhügel endlich finden Faserzüge anderer Centralteile ihre Endigung und treten zu den hier vorhandenen Zellen in ähnliche Beziehungen.*)

---

*) In Anbetracht der Wichtigkeit des Gegenstandes sollen hier einige Schlusssätze *Ramón y Cajal*s aus dessen zahlreichen Untersuchungen an Vögeln angeführt werden: 1. Ein grosser Teil der Sehnervenfasern endigt im Lobus opticus der Vögel mit komplizierten, ausgebreiteten und durchaus freien Verästelungen. 2. Der Nerv. opticus enthält Achsencylinder aus Zellen des Tectum opticum; diese Fasern enden höchstwahrscheinlich mit freien Ramifikationen in der Retina. 3. In der grauen Substanz des Tectum opticum kommen zahlreiche spindelförmige Nervenzellen vor, deren äussere Dendriten mit freien Endbäumchen aus der Retina in Kontakt treten. 4. Zwei Arten von Nervenzellen sind zu unterscheiden: a) spindel- oder kugelförmige mit kurzen Neuriten und selbständiger Endverästelung (sensible Zellen *Golgi*), b) spindelförmige und dreieckige Zellen mit langen ausserhalb des Tectum opticum sich verästelnden Neuriten (motorische Zellen *Golgi*). Jene sind durch ihre Achsencylinder geeignet, Opticuserregungen tieferen Teilen des Tectum zu übermitteln, durch diese können Erregungen unmittelbar den Opticusganglien oder entfernteren Gehirncentren zugeführt werden. 5. Die Netzhaut, das Tectum opticum, die Opticusganglien u. s. w. sind Stätten, wo die der Sehfunktion dienenden Nervenzellen zu einander Beziehungen gewinnen, sich für den Sehakt sozusagen funktionell vereinigen. In diesen Stätten der Reizübertragung gelangen in Kontakt: a) die unteren Verästelungen der Stäbchen und Zapfen mit den äusseren Fortsätzen der bipolaren Netzhautelemente; b) die unteren Endbüsche der Bipolarzellen mit den Dendriten der retinalen Nervenzellen; c) die Verästelungen der Opticusfasern der letzteren mit den äusseren Dendriten der Spindelzellen des Lobus opticus. Die Kontaktwirkung kann sich von hier auf direktem oder indirektem Wege weiter fortpflanzen, d. h. durch lange Neuriten zu entlegeneren Centren oder durch kurze — zu tieferen Gebieten des Tectum opticum; d) die langen Neuriten des Tectum opticum mit den sternförmigen Zellen des äusseren, mittleren und inneren Opticusganglion. Hier liegt der Beginn einer neuen Bahn, deren Endigung noch nicht näher bekannt ist.

Über die Frage nach dem Zusammenhang der Sehnervenfasern mit den Zellen des Vierhügels der Vögel handelt eine kürzlich erschienene schöne Arbeit von *van Gehuchten**). Dieser Autor unterscheidet im Lobus opticus drei Schichten: 1. Die Schicht der Netzhautfasern, in welcher die Verästelungen der Sehnerven und die Dendriten der mittleren Lage frei endigen. Zwischen diesen und jenen sind Nervenzellen mit kurzen und langen Neuriten eingelagert. Weitere ansehnliche Zellen, die sich neben Neurogliaelementen hier vorfinden, sind schwer zu deuten. 2. Die Schicht der Opticuszellen. Die Dendriten dieser Zellen endigen in der vorhin beschriebenen äusseren Schicht, ihre langen Neuriten aber dringen teils in die innere Lage ein, wo sie als centrale Opticusfasern erscheinen, teils suchen sie die äussere Schicht auf und stellen augenscheinlich periphere, zur Netzhaut ziehende Opticusfasern vor. 3. Die Schicht der centralen Opticusfasern. Ein Teil derselben entspringt in Opticuszellen der mittleren Schicht, der Rest entstammt einer nicht näher bekannten Quelle; beide endigen in den mehr nach aussen gelegenen Schichten. Aus dem Umstande, dass die Sehnervenfasern in der Aussenschicht des Lobus opticus frei endigen, muss man schliessen, dass der Lobus opticus einen Endkern und nicht einen Ursprungskern des Sehnerven bilde.**)

---

Einige der Neuriten entspringen in den grossen Zellen des Tectum opticum und ziehen zu tiefer liegenden Hirncentren. Ob tiefere Faserzüge des Tectum zum Tractus opticus gelangen, lässt *Ramón* unentschieden. 6. Ausser den genannten direkten Bahnen müssen in der Netzhaut und im Tectum opticum zahlreiche sekundäre Associationsbogen angenommen werden. Ein Kontakt kann erfolgen zwischen kollateralen Dendritenästchen und Kollateralen nachbarlicher Achsencylinder. 7. Es ist möglich, dass die erwähnten Associationsbogen von den grossen Horizontalzellen erzeugt werden, deren Neurit in der Richtung der Schichten des Tectum verläuft. 8. Im Tectum opticum endigen Nervenfasern, die in anderen Teilen des Nervensystems entspringen. 9. Die Markfasern des Tectum geben in seltenen Fällen Kollateralen in die graue Substanz hinein ab; auch kommen T- und Y-förmige Teilungen vor. 10. Im allgemeinen geht die Leitung zwischen Verästelungen von Achsencylindern und Dendritenbäumen vor sich. Es sind daher an Stellen, wo marklose Nervenfasern endigen, zahlreiche Dendriten anzutreffen. 11. Von einer Opticusfaser werden zahlreiche Elemente des Lobus opticus in Erregung versetzt. 12. Die in der Netzhaut frei endigenden Nervenfasern können als sensible Bahnen betrachtet werden, welche dem Gehirn den Eindruck der Lichtstärke zuführen und die Regulierung der letzteren durch reflektorische Kontraktionen der Irismuskulatur bedingen. 13. Die Verbindungen, welche die Nervenzellen des Lobus opticus und der Opticusganglien eingehen, können als Beweis dafür dienen, dass Zellkörper und Dendriten in gleicher Weise zur Fortleitung nervöser Erregungen geeignet sind.

*) La structure des lobes optiques chez l'embryon de poulet. Extrait de la revue «La Cellule» 1892, T. VIII, fasc. I. Neurol. Centralbl. 1893, S. 820.

**) Beachtenswert sind die Ergebnisse, zu welchen *van Gehuchten* in seiner soeben citierten Untersuchung gelangt. 1. Der Übergang der Leitung von den Netzhautfasern auf die Zellen des Lobus opticus erfolgt auf dem Wege des Kon-

Nach dieser kurzen Übersicht über das Verhalten der eintretenden Wurzeln wende ich mich zu einer Betrachtung jener Faserzüge des Hirnstammes, welche bestimmt sind, die hier vorhandenen grauen Massen untereinander zu verknüpfen, aber auch mit dem Rückenmark und entlegeneren Abschnitten des Gehirns in Verbindung zu setzen.

Die genaue Darstellung des Verlaufes der einzelnen Rückenmarksbahnen im Hirnstamm und die Ermittelung des gegenseitigen Zusammenhanges der hier vorhandenen grauen Kerne ist im allgemeinen mit bedeutenden, nicht selten geradezu unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft, Schwierigkeiten, welche zweifellos zum grössten Teil

---

taktes. 2. Die Übertragung geschieht zwischen den Enden der Achsencylinderfortsätze von Retinazellen und den Dendritenverästelungen von Elementen des Lobus opticus. 3. Die Dendritenverästelungen beteiligen sich demnach in derselben Weise an der Leitung, wie die Neuriten. 4. Die zwischen den verschiedenen Fortsätzen nachweisbaren Beziehungen scheinen die Hypothese zu rechtfertigen, dass die Dendriten der cellulipetalen, die Neuriten der cellulifugalen Leitung dienen. 5. Was das Verhalten der Elemente des Lobus opticus und der Netzhaut anbetrifft, so können die Zellen der mittleren Lage des Lobus opticus in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die eine Gruppe begreift Zellen, die je einen einzigen peripheren Fortsatz besitzen, durch welchen sie nur mit wenigen nachbarlichen Retinafasern in Verkehr treten können; die zweite Gruppe bilden Zellen, welche vermöge ihrer verästelten Dendriten zu vielen Netzhautfasern Beziehungen gewinnen. Jene vermitteln das Sehen von Gegenständen, die ihre Bilder auf einem beschränkten Netzhautbezirk entwerfen, diese die Perception von Gesichtseindrücken, die von entfernten Punkten der Netzhaut herstammen. 6. Die Erregung einer Sehnervenfaser kann durch Vermittelung einer oder mehrerer Zellen des Lobus opticus den Opticuscentren zugeführt werden. Die Zellen mit kurzen Neuriten haben die Aufgabe, Erregungen, die ihnen von einer Nervenfaser zufliessen, auf viele Zellen des Lobus opticus zu übertragen. 7. Eine Erregung, welche dem Lobus opticus durch zahlreiche Retinafasern zugeführt wird, kann auf zwei Wegen zu den höheren Centren fortgeleitet werden. 8. Zwischen der Netzhaut und den höheren Opticuscentren besteht eine ununterbrochene Reihe von Elementen mit centralen Nervenfortsätzen, in welcher die Erregung von Element zu Element weitergeleitet wird. 9. Zwischen der Retina und den höheren Opticuscentren findet sich eine zweite ununterbrochene Kette von Elementen mit peripheren Achsencylinderfortsätzen, welche die Erregung von den Centren zur Peripherie leiten. 10. Zwischen der Netzhaut und den Opticuscentren verlaufen demnach centrifugale und centripetale Bahnen. 11. Man darf ferner eine centrifugale Bahn zwischen Netzhaut und Lobus opticus annehmen.

Ich muss hier bemerken, dass das Vorhandensein einer centripetalen und einer centrifugalen Bahn zwischen der Netzhaut und den höheren Opticuscentren bereits früher von *Monakow* auf Grundlage pathologischer Beobachtungen am Menschen nachzuweisen versucht worden ist.

Zieht man die im vorhergehenden dargelegte Thatsache des Vorhandenseins zweier Systeme (eines centrifugalen und eines centripetalen) in der Gehörleitung mit in Erwägung, so darf man annehmen, dass auch andere sensorielle Nerven mit einem System für die centripetale Leitung und einem anderen für die Aussenprojektion der Sinneseindrücke versehen sein werden.

auf ausserordentlichen Komplikationen der Strukturverhältnisse dieses Hirnteiles beruhen, dessen Faserzüge sich häufig in eigentümlicher Anordnung untereinander mengen und ineinander flechten.

Nähere Aufschlüsse konnten hier nicht anders als durch Einführung besonderer Untersuchungsmethoden in die Nervenanatomie gewonnen werden. Insbesondere sind mit Hilfe der Entwickelungs- und Degenerationsmethode wertvolle Ergebnisse erzielt worden, die unsere Kenntnisse von dem gegenseitigen Zusammenhang der grauen Kerne und dem Faserverlaufe im Gehirnstamm in nicht unbeträchtlichem Grade erweitert haben.

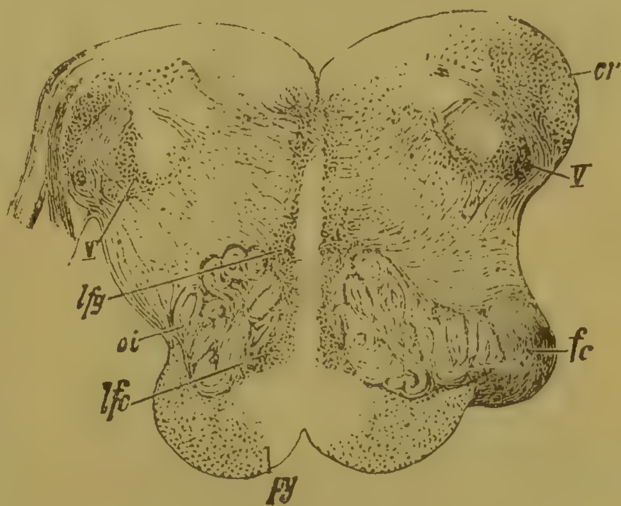



Fig. 189.
Durchschnitt des Gehirns einer menschlichen Frucht von 44 cm Länge. *V* Radix descendens trigemini; *lfg* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Nucl. funiculi gracilis; *lfc* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Keilstrangkern; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis; *fc* Anfangsteil der centralen Haubenbahn; *cr* Corpus restiforme. Färbung nach *Weigert*.

Man pflegt den sog. Stammteil des Gehirns für gewöhnlich in zwei Regionen zu trennen, nämlich eine obere oder hintere, die Haube (Tegmentum) und eine untere oder vordere, den Fuss

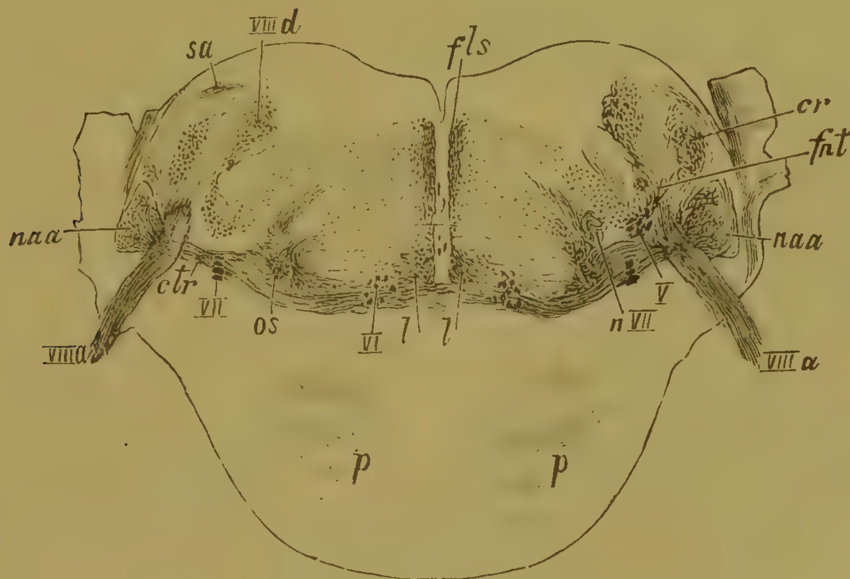



Fig. 190.
Schnitt durch den unteren Teil der Brücke eines 9monatigen menschlichen Foetus. *VIIId* Radix descendens acustici; *sa* Striae acusticae *Monakow*; *naa* Nucl. anterior acustici; *VIIIa* vordere Wurzel des Acusticus; *ctr* Trapezfasern aus dem vorderen Kern des Acusticus zu den beiderseitigen Oberoliven, Systeme II. Ordnung darstellend; *VII* Facialiswurzel; *os* obere Olive; *VI* quergetroffene Abducenswurzel; *l* Schleifenschicht; *nVII* Facialiskern; *V* Radix descendens trigemini; *fnt* Faserzüge aus der oberen Olive zum Dachkern des Kleinhirns; *fls* Fasciculus longitudinalis dorsalis. — Schnittbehandlung nach *Weigert*.

(Basis). Die Grenze zwischen beiden fällt unten mit der hinteren Grenze der Pyramiden zusammen (Fig. 189); aufwärts ist sie durch die Lage eines besonderen Faserzuges, der Schleifenschicht oder Schleife (Fig. 190, 191, 192) gekennzeichnet; noch höher endlich wird sie durch die Substantia nigra Sömmerringii (Fig. 193, 194 *sn*) bestimmt.

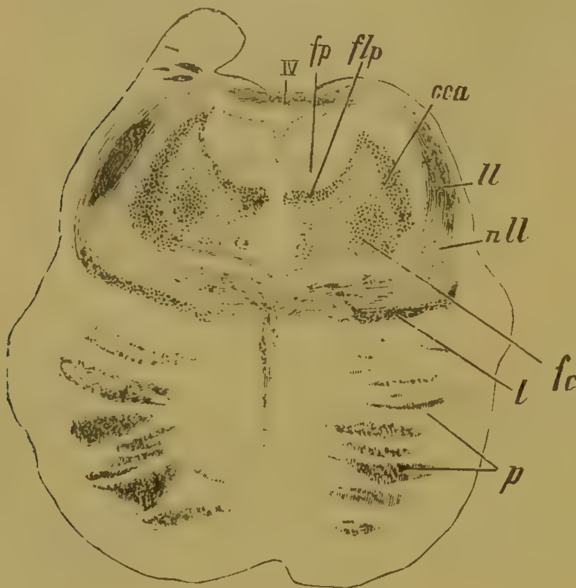



Fig. 191.
Von einem einige Wochen alten Kinde. Schnitt hinter den Vierhügeln. *IV* Trochleariswurzel, über dem Aquaedukt kreuzend; *fp* Gegend des hinteren Längsbündels von *Schütz*; *flp* hinteres Längsbündel; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fc* centrale Haubenbahn; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn.

Die Haube des Hirnstammes enthält Faserzüge sämtlicher Teile des Rückenmarkes, mit Ausnahme der in den Fuss eintretenden Pyramidenbahnen. In der Haube ist somit die Fortsetzung sämtlicher Faserzüge zu suchen, welche im Rückenmarke je übereinanderliegende Querschnitte grauer Substanz miteinander verknüpfen.

Bei der Beschreibung der Rückenmarksbahnen ist gezeigt worden, dass die Fasern der Hinterstränge am unteren Winkel der Rautengrube mit den Kernen des zarten Stranges und des Keilstranges in Verbindung treten. Aus den Neuriten der Zellen dieser Kerne entwickeln sich ihrerseits Fasern, welche grossenteils alsbald zur Bildung der hinteren oder oberen Kreuzung (Fig. 195 *crs*) zusammentreten.*) Letztere stellt also die cerebrale Fortsetzung der Hinterstränge vor und besteht sowohl aus Fasern der *Burdach*schen, als auch der *Goll*schen Kerne.

Die weiteren Bahnen der genannten zwei Fasersysteme sind am besten an fötalen Hirnen zu ermitteln, da die aus dem Nucl. funiculi cuneati stammenden Fasern sich viel früher ummarken, als die Abkömmlinge des Nucl. funiculi gracilis. Jene erscheinen nämlich bereits bei Früchten von ca. 30 cm Länge und noch früher markweiss, diese nehmen erst bei solchen von etwa 35—38 cm Länge Myelinscheiden auf. Zur Untersuchung der in den Keilstrangkernen entspringenden Fasern sind daher Foeten von nicht über 30—35 cm Länge das am meisten

---

*) Eine Anzahl Fasern aus den Hinterstrangkernen erreicht ohne vorhergehende Kreuzung die Olivenzwischenschicht, wie nach den unter meiner Leitung ausgeführten Untersuchungen von *Lazurski* (*Marchi*-Methode) nicht mehr zweifelhaft sein kann.

geeignete Material, während die Richtung der den *Goll*schen Kernen entstammenden Fasern an Früchten von etwa 38 cm Länge gut verfolgt werden kann.

Die im Nucleus funiculi cuneati beginnenden Elemente ziehen, wie derartige Untersuchungen erkennen lassen, nach Bildung der hinteren (oberen) Kreuzung teils zum unteren Centralkern, teils zu der von den beiden unteren Oliven eingeschlossenen sog. Olivenzwischenschicht (Fig. 195 *fi*), wo sie vorwiegend deren vorderen Abschnitt einnehmen. Von hier streben sie aufwärts und bilden dicht hinter den Querfasern des Trapezkörpers, teilweise zwischen denselben verlaufend, den äusseren Teil der Hauptschleife, einen Bestandteil der sog. Schleifenschicht.

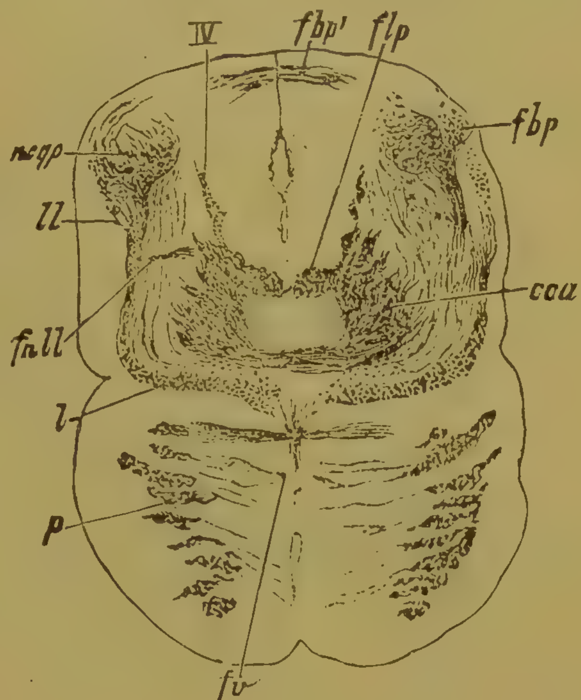



Fig. 192.
Durchschnitt in der Gegend des hinteren Vierhügels von dem Gehirn eines einige Wochen alten Kindes. Färbung nach *Weigert*. *IV* Wurzeln des Trochlearis; *ncqp* Kern des hinteren Vierhügels; *ll* laterale Schleife; *fnll* kreuzender Faserzug aus dem Kern der lateralen Schleife; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbündel; *fv* Fasciculus verticalis pontis; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *fbp* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum hinteren Brachium; *flp* hinteres Längsbündel; *fbp'* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum kontralateralen hinteren Brachium, über dem Aquaeductus Sylvii kreuzend.

Als Schleifenschicht bezeichnet man eine Lage weisser Markfasern, die einer breiten Scheibe ähnlich auf einer gewissen Strecke die Haube vom Fuss trennt (Fig. 191 u. 192 *l*). Sie erscheint im wesentlichen als Fortsetzung der erwähnten Fasern der Olivenzwischenschicht. Die bereits in der unteren Brückengegend deutliche Scheibe (Fig. 190 *l*) rückt, während ihr neue Faserzüge aus anderen Quellen zufliessen, in der Vierhügelgegend nach und nach an die laterale Seite der Haube und bietet in der Höhe des vorderen Vierhügels auf Querschnitten die Form einer medianwärts offenen Sichel dar (Fig. 193 *l*). Diese Gestalt bewahrt die Schleifenschicht bis zu den oberen Abschnitten des vorderen Vierhügels (Fig. 194). In der Folge aber erleidet sie in gewissen Kernen der Gehirnbasis (Thalamus opticus, Globus pallidus des Linsenkernes), wie unten näher ausgeführt wird, eine Unterbrechung ihrer Bahn.

In topographischer Beziehung können in der Schleifenschicht gegenwärtig folgende Teile unterschieden werden:

1. Die Hauptschleife, der wesentlichste Bestandteil der Schleifenschicht, erstreckt sich durch den gesamten Hirnstamm (Fig. 190—193 und 203 *l*; Fig. 198 *lm*).

2. Die laterale oder untere Schleife liegt unmittelbar nach aussen von der Hauptschleife und reicht von der Gegend der Oberolive bis zu dem hinteren Vierhügelganglion (Fig. 192 und 201 *ll*; Fig. 198 *lml*).*)

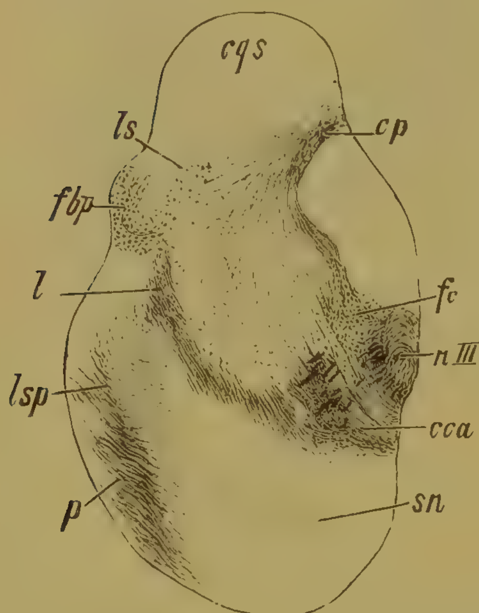



Fig. 193.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbündel, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* vorderer Kleinhirnarm; *nIII* Kern des Oculomotorius; *fc* centrale Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleife ist die Lage des Nucl. innominatus.

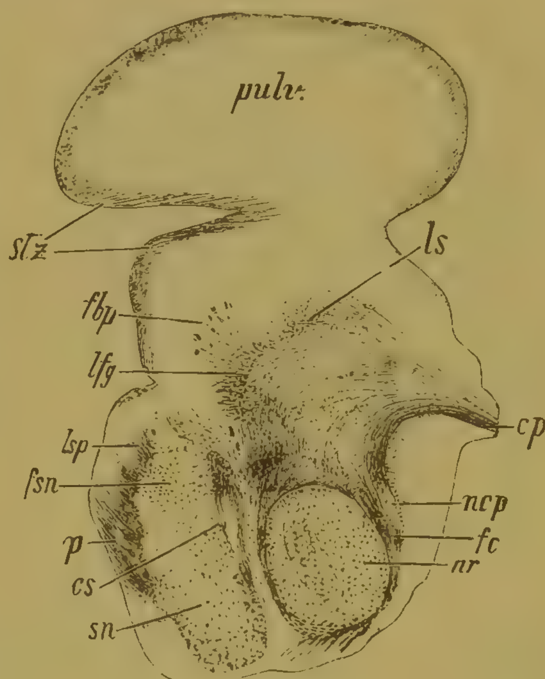



Fig. 194.

Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde. Behandlung von *Weigert*. *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Brachium posterius; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus.

Als Bestandteile der Hauptschleife sind zu nennen:

3. Die zerstreuten accessorischen Bündel. Sie durchsetzen

---

*) Im Gegensatz zu der lateralen oder unteren Schleife kann als obere Schleife ein Faserzug bezeichnet werden, welcher aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus verläuft und in der Gegend des vorderen Vierhügels an den dorsalen Rand der Schleifenschicht anstösst. Für gewöhnlich wird jener Name jedoch einem der Bündel der Schleifenschicht bezw. der Hauptschleife beigelegt (s. Anmerkung**) zu S. 238).

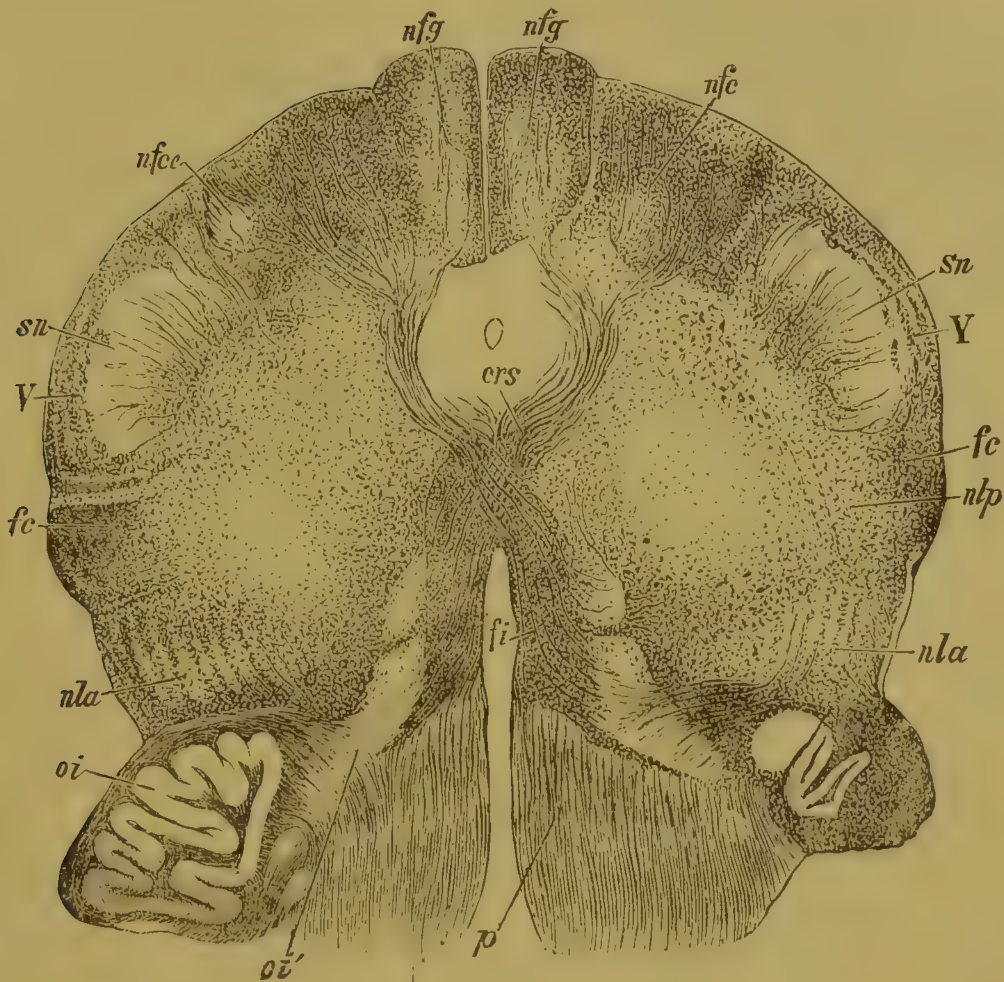



Fig. 195.

Medulla oblongata in der Höhe der Schleifenkreuzung. *p* Pyramide; *oi* untere Olive; *oi'* Nebenolive; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *V* Trigeminus; *Sn* Substantia gelatinosa; *nfce* ein Teil des lateralen Kernes des Keilstranges; *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *crs* hintere oder obere Kreuzung; *fi* Olivenzwischenschicht. Nach aussen von *crs* und *fi* findet sich die Substantia reticularis grisea.

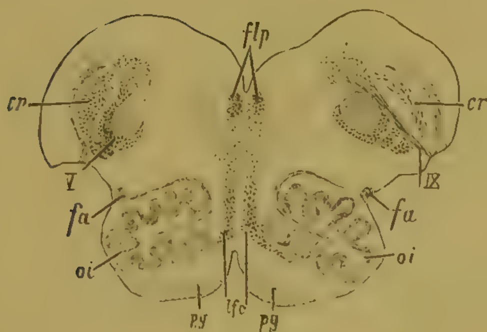



Fig. 196.

Von einem sechsmonatigen menschlichen Fötus. *flp* hinteres Längsbündel; *cr* markhaltiger Teil des Corpus restiforme; *V* absteigende Wurzel des Trigeminus; *fa* aberrierendes Bündel; *oi* untere Olive; *py* Pyramide; *lfc* Faserzüge aus dem Keilstrangkern in der Olivenzwischenschicht.

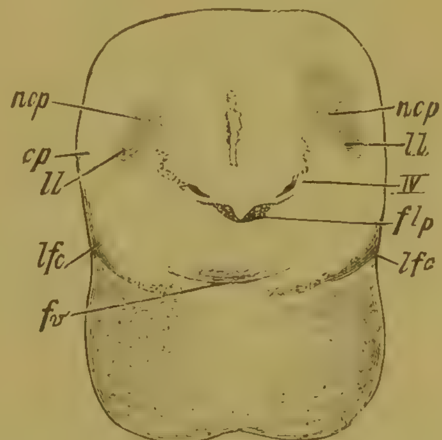



Fig. 197.

Schnitt durch den hinteren Vierhügel von einer 6-7 Monate alten menschlichen Frucht. Färbung nach *Weigert*. *ncp* Kern des hinteren Vierhügels; *cp* Corpus parabigeminum; *lfc* Faserzüge der Hauptschleife aus den Keilstrangkernen; *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels, eine Kommissur zwischen den Kernen des Nerv. vestibularis bildend; *IV* Wurzeln des Trochlearis; *flp* hinteres Längsbündel.

die Hauptschleife nahezu in ganzer Breite, vorzugsweise aber deren medialen Teil von der oberen Oblongatagegend bis hinauf zur Substantia nigra (Fig. 198 *lmsn*, Fig. 203 *lm*) und gehen in der Gegend der letzteren, der Pedunculusschleife von *Flechsig* entsprechend, in den Hirnschenkelfuss über (Fig. 200, 5; Fig. 202 *ls*; Fig. 106 *lsp*).

4. Das mediale Bündel der Schleifenschicht, die mediale Schleife lagert sich nach ihrem Austritt aus dem Hirnschenkelfuss einwärts von der Hauptschleife (Fig. 200 *lmp*, Fig. 202 *lp*).

Da die Hauptschleife, wie unten gezeigt wird, noch zwei weitere Bestandteile besitzt, nämlich einen lateralen, den *Burdach*-

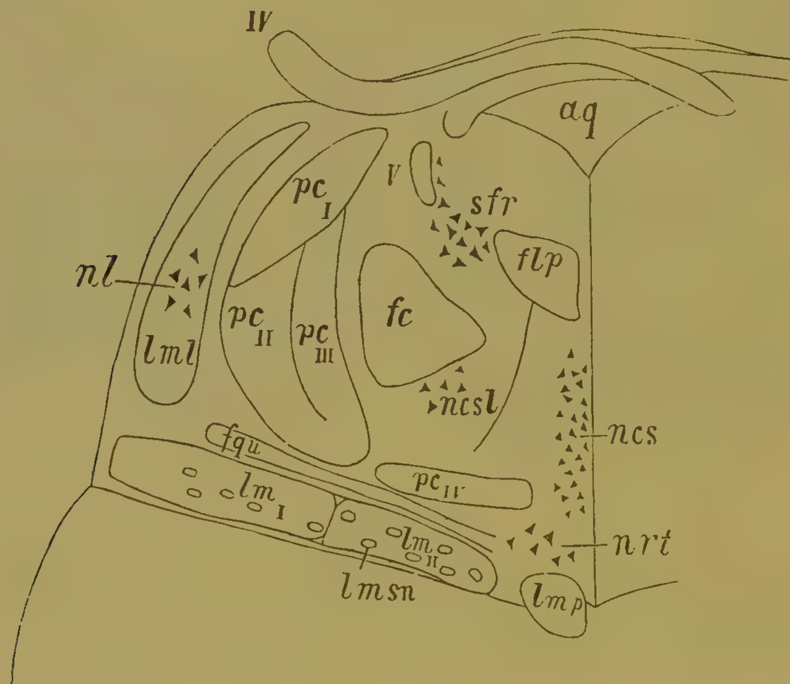



Fig. 198.

**Querschnittsbild der Faserung der Schleifenschicht und des vorderen Kleinhirnarmes.** Schema.

$m_I$ Faserzüge der Hauptschleife aus dem Nucl. funic. cuneati; $lm_{II}$ solche aus dem Nucl. funic. gracilis; *lmp* mediale accessorische Schleife; *lmsn* zerstreute Schleifenbündel; *lml* laterale Schleife; *nrt* vorderer Teil des Nucl. reticularis tegmenti; *ncs* Nucl. centralis superior; *ncsl* Nucl. centralis superior lateralis; *flp* hinteres Längsbündel; *aq* Aquaeductus Sylvii; *IV* Wurzeln des Trochlearis; *V* Radix descendens trigemini; *sfr* Substantia ferruginea; *fc* centrale Haubenbahn; $pc_I$ dorsales, $pc_{II}$ mittleres, $pc_{III}$ mediales, $pc_{IV}$ ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels, letzteres eine Commissur zwischen den beiden Kernen des Nerv. vestibularis bildend; *fqu* Fasern aus der Gegend des hinteren Vierhügels zum Nucl. reticularis.

schen, und einen medialen, den *Goll*schen Kernen entsprechenden, so ergeben sich in der Schleife insgesamt fünf verschiedene Systeme. Darunter nimmt die laterale Schleife eine Sonderstellung ein, indem sie vorzugsweise der centralen Gehörleitung dient.

*Schlesinger**) beschreibt neuerdings, gestützt auf Degenerations-

---

*) Arbeiten aus dem Instit. f. Anatomie und Physiologie des Centralnervensystems in Wien. 1896. Heft IV.

befunde, eine Gruppe von Schleifenfasern als laterales pontines Bündel.*) Bei aufsteigender Degeneration der Schleife treten in letzterer entsprechend dem oberen Abschnitte der Olive entartete Fasern auf, die cerebralwärts anwachsen, in dem unteren Drittel der Brücke aber die ventrale Seite des mittleren, ja einen Teil des lateralen Abschnittes des Lemniscus medialis einnehmen. Höher oben, in der Richtung zur Trochleariskreuzung, rückt der Faserzug mit der Hauptschleife lateralwärts und tritt alsbald zu den dorsolateralen Bezirken der Pyramidenbahn. Nach der Vermutung *Schlesingers* entspricht sein laterales pontines Bündel der Pedunculusschleife *Flechsigs* (meiner zerstreuten accessorischen Schleife). Ich glaube jedoch, es handelt sich hier um ein besonderes System, sozusagen um eine Ergänzung der medialen Schleife, die ja ebenfalls neben der Pyramidenbahn verläuft.

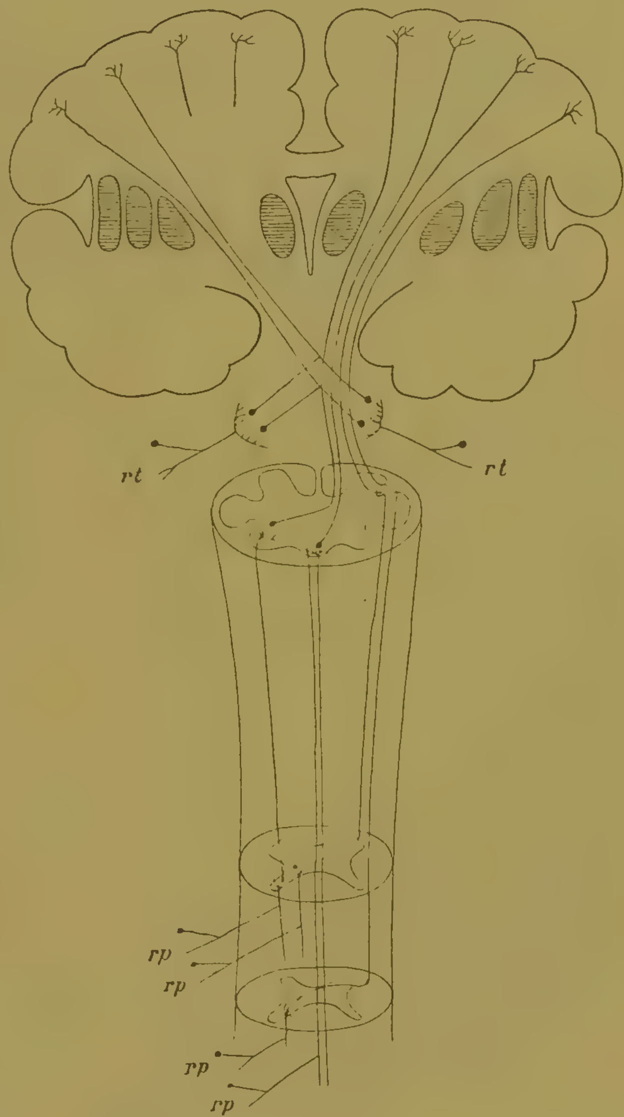


Fig. 199.
Schema der sensiblen Bahnen in dem Gehirn und Rückenmark. *rp* hintere Wurzeln; *rt* sensorische Wurzeln des N. trigeminus.

Zu der Schleife gesellen sich ferner, wie bereits an einem früheren Orte erwähnt, jene Faserzüge der Vorderseitenstränge, welche in der vorderen Rückenmarkskommissur sich kreuzen (Fig. 204 *ffl*). Diese Elemente scheinen sich frühzeitiger zu entwickeln als alle übrigen Teile der Schleifenschicht. In der Gegend der unteren Olive finden sie sich vorwiegend in den äusseren Abschnitten der Olivenzwischenschicht, weiter aufwärts aber verschwinden sie in der Masse der Hauptschleife. Im übrigen ist bezüglich ihrer Lage in der Olivenzwischenschicht und ihrer sonstigen Bahnen nichts sicheres

*) Als adjektivische Form von Pons wäre pontilis vielleicht brauchbarer und grammatisch jedenfalls vorzuziehen. Anm. d. Übers.

bekannt und wären hier weitere Untersuchungen ausserordentlich wünschenswert.*)

Zu den erwähnten Besonderheiten der Lage und Herkunft treten Unterschiede der Entwickelung hinzu. Am frühzeitigsten, etwa im 5. bis 6. Fötalmonat, entwickelt sich die laterale oder untere Schleife (Fig. 205 *ll*, Fig. 198 *lml*); nach einiger Zeit die Hauptschleife (Fig. 207 *lfcg*, Fig. 198 $lm_{I}$ und $lm_{II}$) und zwar zunächst ihre den Keilstrangkernen entstammenden Fasern (Fig. 206 *lfc*, Fig. 198 $lm_{I}$); nach

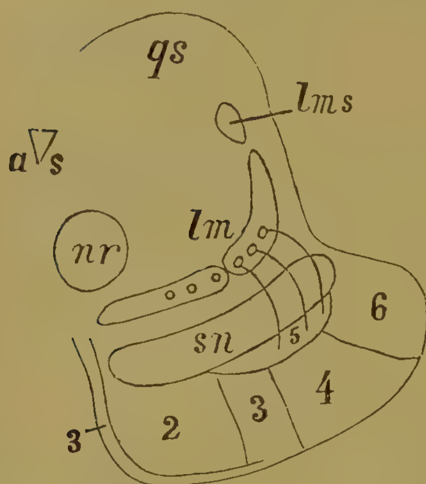



Fig. 200.

Die Basis des Grosshirnschenkels. Schematischer Querschnitt. *qs* vorderer Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *sn* Substantia nigra; *lm* Schleife, ihr innerer Abschnitt entstammt vorwiegend den Keilstrangkernen, ihr äusserer den *Goll*schen Kernen; *lms* obere Schleife aus dem hinteren Vierhügelganglion; 6 Occipito-temporale Endhirnrindenbrückenbahn; 4 Pyramidenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter unten die mediale accessorische Schleife erzeugend; 2 frontale Endhirnrindenbrückenbahn; 5 sensorische Hirnnerven, die feinfaserigen zerstreuten Bündel der Schleifenschicht bildend.

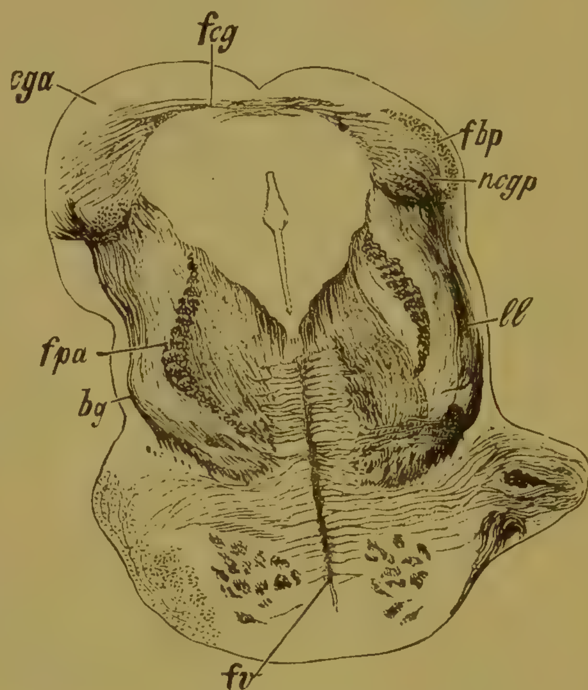



Fig. 201.

Schrägschnitt durch Vierhügel und Brücke eines fast vollständig ausgetragenen menschlichen Foetus. *ll* laterale Schleife; *ncgp* Kern des distalen Vierhügels; *fbp* Fasern des Brachium posterius aus dem Kern des hinteren Vierhügels; *fcg* Faserkreuzung über dem Aquaedukte in der Gegend des vorderen Vierhügels; *cga* Corpus quadrigeminum anterius; *fpa* vorderer Kleinhirnschenkel; *bg* Schleifenfasern zum Vierhügel; *fv* Fasciculus verticalis pontis.

der Geburt ummarken sich die zerstreuten accessorischen Bündel (Fig. 203 *lm*, Fig. 198 *lmsn*), und noch später die mediale Schleife (Fig. 198 *lmp*). Die Hauptschleife ihrerseits zerfällt entwickelungsgeschichtlich in einen inneren und äusseren Abschnitt, von welchen dieser früher myelinhaltig wird als jener (Fig. 197 *lfc*, Fig. 206 und 207).**)

*) Unlängst ist in meinem Laboratorium durch *Lazurski* an *Marchi*-Präparaten der Nachweis geführt worden, dass nach Durchschneidung des Seitenstranges im oberen Teile des Rückenmarkes eine diffuse Degeneration von Schleifenfasern auftritt, welche aufwärts bis zum Sehhügel zu verfolgen ist.

**) Der äussere Abschnitt entspricht im ganzen der unteren, der innere der oberen Schleife der Autoren. Im übrigen werden unter der Bezeichnung untere

Von der lateralen Schleife — der centralen Bahn des Gehörnerven (s. oben) — und von den zerstreuten Bündeln der Schleifenschicht und der medialen Schleife — den centralen Bahnen sensibler und motorischer Hirnnerven — soll an diesem Orte nicht gehandelt werden. Vielmehr sind hier jene Schleifenbündel zu betrachten, welche aus den Hintersträngen des Rückenmarkes hervorgehen.

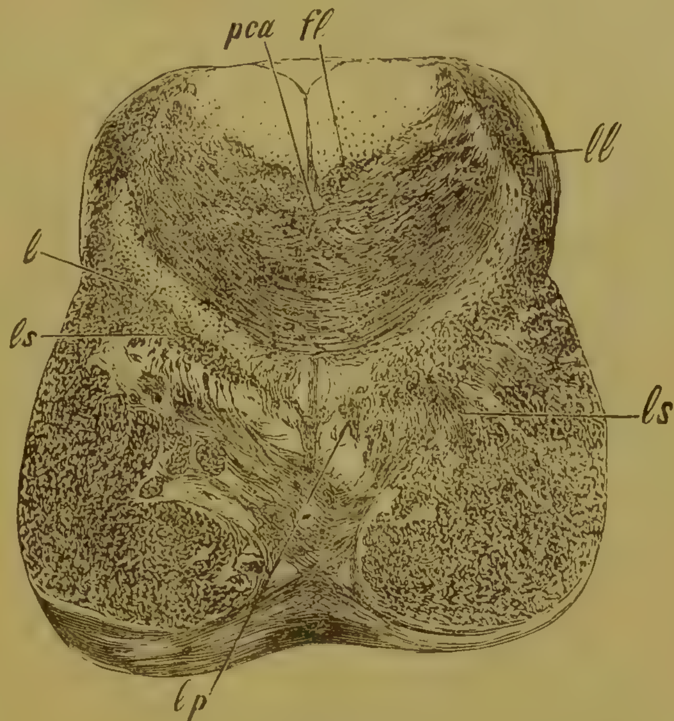



Fig. 202.
Gehirn eines Erwachsenen mit rechtseitiger Erweichung im Gebiete der inneren Kapsel. Der Schnitt verläuft hinter dem distalen Vierhügel, dicht vor der Brücke. Behandlung nach *Weigert*. *l* Schleifenschicht; *lp* mediale Schleife, links atrophisch; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbündel, rechts in den Hirnschenkel eintretend; *ll* laterale Schleife mit ihrem Kern; *fl* hinteres Längsbündel; *pca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel.

Serienschnitte des Gehirns 30—35 cm langer Embryonen lassen erkennen, dass die dem Nucl. funiculi cuneati entstammenden Fasern nach ihrem Eintritte in den äusseren Abschnitt der Hauptschleife zwei verschiedene Richtungen ein-




Fig. 203.
Gegend der Schleifenschicht von dem Gehirn eines 2—3 Monate alten Kindes. Starke Vergrösserung. *l* Schleifenschicht; *lm* zerstreute Bündel absteigender Fasern innerhalb der Schleifenschicht; *fv* Fasciculus verticalis, das Brückengrau mit dem Nucl. reticularis, der Formatio reticularis und dem hinteren Vierhügel verbindend. Hinter der Schleifenschicht sind Fasern sichtbar, welche zum Vierhügel emporsteigen.

---

Schleife Faserzüge verstanden, welche aus der Vierhügelgegend herkommen, als obere Schleife dagegen gelten Elemente, die dem Sehhügel und der Rinde entstammen (s. *Edinger*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane). Manchmal wird auch die laterale Schleife als untere aufgeführt.

schlagen. Die einen (Fig. 208 und 209) beginnen schon in der hinteren Vierhügelgegend längs dem Rande des Hirnschenkels distalwärts umzubiegen und treten hier alsbald mit dem lateralen Schleifenkern, dem Corpus parabigeminum (Fig. 209 *c b p*, Fig. 210 *cpr*) in Verbindung, zum grössten Teil aber erreichen sie die Gegend des vorderen Vierhügels. Die anderen verlaufen kontinuierlich weiter aufwärts und beginnen in der Höhe des roten Kernes allmählich nach aussen zu rücken, um sich dem Corpus subthalamicum s. Luysii (Fig. 211 und 212) zuzuwenden, woselbst eine abermalige Unterbrechung von Fasern zu erfolgen scheint. Ein Teil derselben geht darauf an dem Corpus Luysii vorbei oder durch es hindurch in die sog. Linsenkernschlinge über und verbindet



Fig. 204.

Querschnitt durch das verlängerte Mark eines 6—7 monatigen menschlichen Foetus in der Nähe des unteren Teiles der grossen Oliven. Färbung nach *Weigert*. *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *cr* Anfangsteil des Corpus restiforme; *Va* aufsteigende Trigeminuswurzel; *Sn* Substantia gelatinosa; *oi* unterer Teil der Olive; *fo* Olivenstrang; *p* Pyramide; *crf* hintere Kreuzung mit Fasern aus den Keilstrangkernen; *ffl* Fasern aus dem Seitenstranggrundbündel; *fsr* Fasern des Vorderseitenstranggrundbündels; *fl* aberrierendes Bündel; *nla* vorderer Seitenstrangkern; *nfcl* lateraler Keilstrangkern; *fc* Kleinhirnbündel.



Fig. 205. Fig. 206. Fig. 207.

Fig. 205 stammt von einem 5—6 monatigen, Fig. 206 von einem 6—7 monatigen menschlichen Foetus, Fig. 207 von einem nahezu ausgetragenen Kinde. Färbung nach *Weigert*. *flp* hinteres Längsbündel; *IV* Trochleariswurzeln, über dem Aquaeductus Sylvii kreuzend; *Vd* Radix descendens trigemini; *pca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *lfc* Faserzüge der Hauptschleife aus dem Nucl. funiculi cuneati; *lfcg* Hauptschleife mit Faserzügen aus beiden Hinterstrangkernen; *V* Radix trigemini.

sich mit dem ersten und zweiten Glied des Globus pallidus. Die in ihrer Fortsetzung liegende *Meynert*sche Kommissur führt auf beiden Seiten längs dem Tractus opticus zu dem contralateralen Globus pallidus (Fig. 212).*)

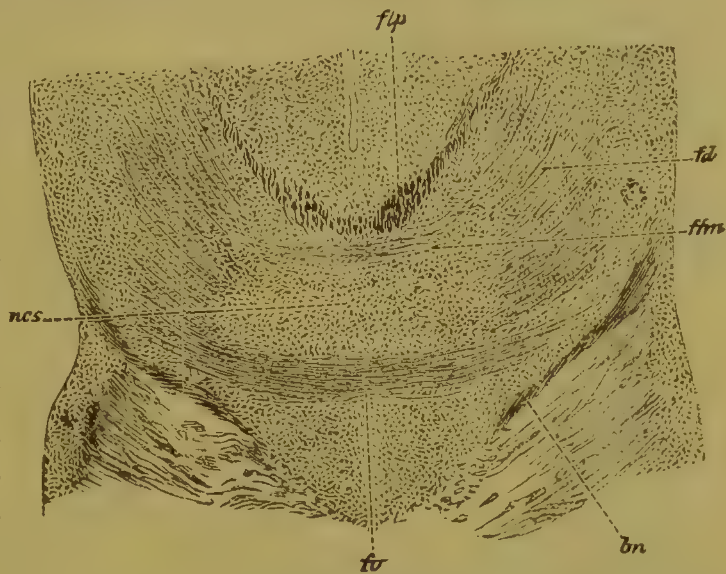



Fig. 208.
Aus einem Querschnitt durch den hinteren Vierhügel von einem 33 cm langen Foetus. Methode von *Weigert*. *flp* hinteres Längsbündel; *ncs* medialer Kern; *fn* vorderer Kleinhirnschenkel; *fm* Faserzüge der Formatio reticularis, in den medialen Kern eintretend; *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *bn* äusserer Abschnitt der Hauptschleife.

Da bei etwa 33—35 cm langen Früchten von allen Teilen der Grosshirnhemisphären nur die soeben betrachteten centralen Schleifenbahnen markhaltig gefunden werden, so kann die Endigung derselben im Corpus subthalamicum und im Globus pallidus an der Hand der Entwickelungsmethode mit voller Anschaulichkeit zur Darstellung gebracht werden (Fig. 213 *lfc*).

Was ihre Beziehungen zu der *Meynert*schen Kommissur anlangt, welche meinen Untersuchungen zufolge fast gleichzeitig mit den Keilstrangfasern der Schleife und früher als alle übrigen Elemente des Tractus opticus markhaltig wird, so ist an dem fötalen Gehirn einerseits eine Fortsetzung von Schleifenfasern in die *Meynert*sche

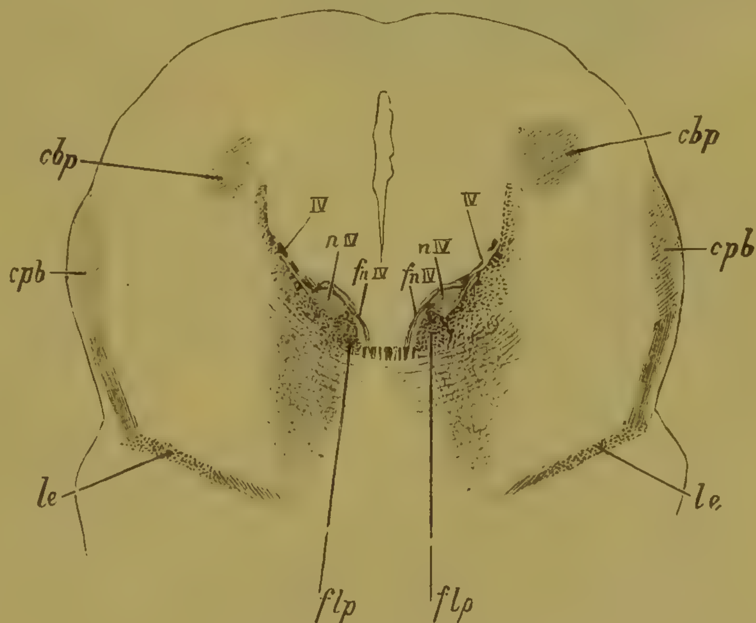



Fig. 209.
Durchschnitt des Gehirns einer 6 Monate alten menschlichen Frucht. *cbp* hinteres Vierhügelganglion; *cpb* Corpus parabigeminum; *le* laterale Abteilung der Hauptschleife; *flp* hinteres Längsbündel; *IV* Wurzeln des Abducens; *nIV* Abducenskern; *fnIV* Faserzüge aus dem Abducenskern zum hinteren Längsbündel.

*) Man bezeichnet als Linsenkernschlinge Faserzüge, die vom Hirnstamm her in den Linsenkern eindringen. Mit dem unteren Thalamusschenkel zusammen bilden sie die Ansa peduncularis.

Kommissur (Fig. 214), andererseits ein Zusammenhang von Elementen der letzteren mit dem Globus pallidus des Linsenkernes (Fig. 186) zu beobachten, was zu der Annahme nötigt, dass die den Keilstrangkernen angehörenden Schleifenfasern schliesslich nicht nur mit dem Globus pallidus ihrer Seite, sondern durch das Bindeglied der *Meynert*schen Kommisur auch mit dem Globus pallidus der anderen Seite in Verbindung treten (Fig. 219). Dieser von mir mit Hilfe entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen aufgefundene Satz hat durch neuerliche Ermittelungen von *G. Pribytkow**) eine weitere Bestätigung erfahren. Zu betonen ist, dass die *Meynert*sche Kommissur auf jeden Fall nicht ausschliesslich eine Kreuzung von Schleifenfasern darstellt, sondern hauptsächlich einer gekreuzten Verbindung des Corpus subthalamicum mit dem Globus pallidus dient (s. unten) und demgemäss nur als eine mittelbare Fortsetzung der Schleife betrachtet werden darf. Dahingegen wird der in früherer Zeit angenommene Zusammenhang der beiden medialen Kniehöcker durch Vermittelung der *Meynert*schen Kommissur gegenwärtig entschieden von der Hand gewiesen.**)

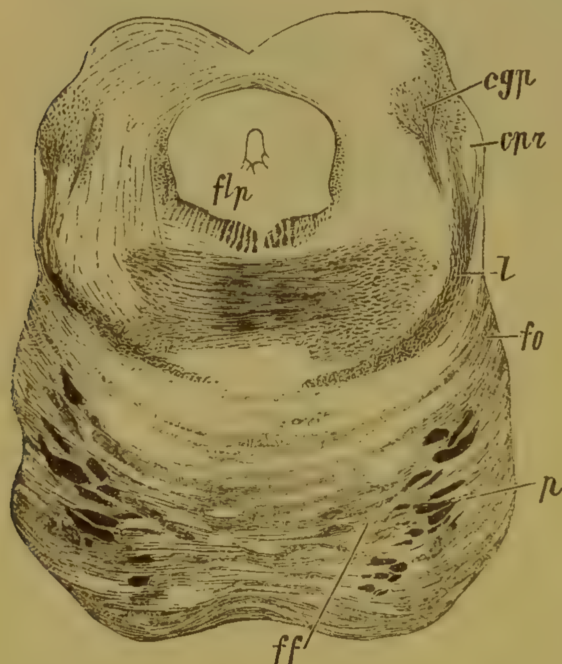



Fig. 210.

Querschnitt durch den hinteren Vierhügel von einem dreimonatigen Kinde. Methode von *Pal*. *cgp* Kern des hinteren Vierhügels; *cpr* Corpus parabigeminum; *l* Schleifenschicht; *fo* laterale Fasern des Hirnschenkelfusses mit beginnender Markscheidenentwickelung; *p* Pyramidenbahnen; *ff* mediale Fasern des Hirnschenkelfusses mit beginnender Markscheidenentwickelung. Zwischen den Faserzügen sieht man die grauen Massen der lateralen Brückenkerne.

Die aus den Kernen der zarten Stränge sich entwickelnden Faserzüge bilden den zweiten Bestandteil der oberen oder hinteren Kreuzung (Fig. 215). Sie durchsetzen die Olivenzwischenschicht hinter den Keilstrangfasern der Schleife (Fig. 216 *lfg*) und scheinen sich zum Teil in den grossen Kernen der Formatio reticularis (Nucl. centralis inferior und Nucl. reticularis tegmenti) zu verlieren, während ihre Hauptmasse weiter aufwärts zieht und die innere Abteilung der Hauptschleife erzeugt. Dies ergiebt sich mit voller Gewissheit aus einer Vergleichung der Schleifenschicht von Embryonen des 6. bis 7. Monates (Fig. 208 und 209), wo nur die Keilstrangfasern myelinhaltig erscheinen und vom

*) Über den Faserverlauf der Sehnerven. Dissert. Moskau 1895, S. 72.

**) *Darkschewitsch* und *Pribytkow*. Neurol. Centralbl. 1891. No. 14, Orig.-Mitt.

Neugeborenen (Fig. 210), bei welchem auch die zarten Stränge Markscheiden aufweisen. In der Schleife ziehen die in Rede stehenden Fasern ununterbrochen aufwärts, vereinigen sich im Niveau des roten Haubenkerns mit den Abkömmlingen der Keilstrangkerne zu einem Bündel, welches in dieser Gegend auf dem Querschnitt sichelförmig erscheint (Fig. 217 *l*) und begeben sich sodann in grosser Anzahl zum hinteren Teil des Thalamus opticus, wo sie medial von dem Corp. geniculatum internum unterbrochen werden (Fig. 211 *l*, Fig. 212 *ltb*).*)

Verästelte Kollateralen von Schleifenfasern gehen in grosser Anzahl der Substantia reticularis zu.

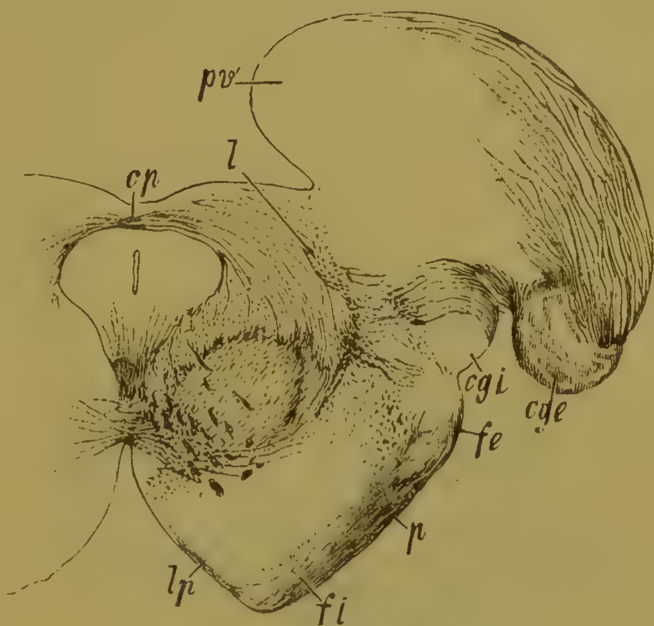



Fig. 211.
Schnitt durch die Grosshirnschenkel eines 2 Monate alten Kindes. Methode von *Pal*. *pv* Pulvinar; *cge* Corpus geniculatum externum; *cgi* Corpus geniculatum internum; *l* Schleifenschicht; *cp* hintere Kommissur; *fe* früh ummarktes Bündel im lateralen Teil des Hirnschenkels; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *fi* früh entwickeltes Bündel im medialen Abschnitt des Hirnschenkels; *lp* mediale Schleife.

Volle Beachtung verdienen die vorhandenen Angaben über das Vorkommen einer unmittelbaren Verbindung eines Teiles der *Goll*schen und sogar der *Burdach*schen Schleifenfasern mit der Endhirnrinde, ein Satz welchen *Flechsig* und *Hösel* durch Degenerationsbefunde zu stützen versuchen. Auf Grundlage von Versuchen mit Beschädigung der Hirnrinde neugeborener Katzen war von *v. Monakow* zuerst die Behauptung aufgestellt worden, ein Teil der Schleife stehe in Beziehungen zur Parietalregion der Gehirnrinde, gehe durch die latero-distale Abteilung des Sehhügels zur Regio subthalamica und von hier zur Schleifenschicht, gelange darauf unterhalb des Trapezkörpers in der oberen Kreuzung auf die andere Seite und trete endlich mit dem Nucleus funiculi gracilis in Verbindung. Ein anderer Versuch *v. Monakow*s an einer jungen Katze bestand in Zerstörung des unteren-hinteren Abschnittes des Occipitallappens und eines Teiles der rechten Brückenhälfte nebst der lateralen Schleife. Infolge des Eingriffes entwickelte sich 1. allgemeiner Schwund der gesamten lateralen Schleife und 2. starke Atrophie der

*) Zum Thalamus gelangt ausser den *Goll*schen möglicherweise eine Anzahl der *Burdach*schen Schleifenfasern.

Rindenschleife, welche auf dem Wege der Fibrae arcuatae zu den contralateralen Kernen der *Goll*schen und *Burdach*schen Stränge verfolgt werden konnte. In dem Fall von *Hösel* und *Flechsig* handelte es sich um einen porencephalischen Defekt in der linken Hemisphäre, welcher Rinde und Marksubstanz der hinteren Centralwindung und der anstossenden Teile des Scheitellappens ergriffen hatte. Degenerierte Schleifenfasern waren, ohne irgendwo durch graue Kerne unterbrochen zu werden, bis zu den anderseitigen *Burdach-Goll*schen Kernen zu verfolgen. Späterhin ist von *Hösel* eine andere Beobachtung veröffentlicht worden, die beweisen sollte, dass ein Faserzug der Hauptschleife sich ohne Unterbrechung bis zur Rinde erstrecke.*) In neuester Zeit jedoch werden diese Angaben von *Mahaim* widerlegt und kommt dieser Autor zu der Anschauung, die sog. Rindenschleife erleide auf ihrer Bahn eine Unterbrechung in den Thalamuskernen,**) ein Satz, welchem sich *Monakow* auf Grundlage experimenteller Studien anschliesst.

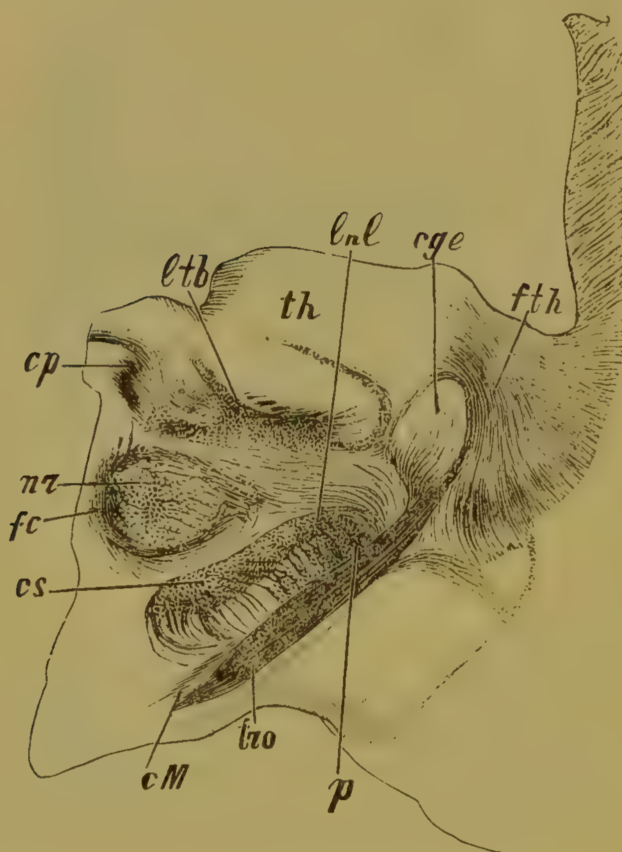



Fig. 212.

Schnitt durch das Gehirn eines mehrere Wochen alten Kindes. *cs* Corpus subthalamicum; *nr* Nucl. ruber; *cp* hintere Kommissur; *th* Thalamus; *ltb* Schleifenfasern zum Thalamus; *lnl* Schleifenfasern vom Corp. subthalamicum zum Globus pallidus; *cge* lateraler Kniehöcker; *fth* Fasern vom Thalamus zur Grosshirnrinde; *p* Pyramidenbahn; *tro* Tractus opticus; *cM* *Meynert*sche Kommissur; *fc* centrale Haubenbahn.

Bei Versuchen mit Zerstörung des Parietallappens (*Marchi*-Methode) vermochte *Lazurski* (mein Laboratorium) eine unmittelbare Verbindung der Hinterstrangkerne mit der Vorderhirnrinde nicht nachzuweisen.

Was die Untersuchung der Entwickelung betrifft, so führt dieselbe, wie oben gezeigt wurde, zu dem Schlusse, dass die aus dem Nucl. funiculi gracilis stammenden Schleifenfasern in dem disto-ventralen Abschnitt des Sehhügels in ähnlicher Weise unterbrochen werden,

*) Arch. f. Psychiatrie, Bd. XXV, 1893.

**) Arch. f. Psychiatrie, Bd. XXV, und Neurol. Centralbl. 1893, Nr. 20.

wie die aus den Keilstrangkernen im Corpus subthalamicum und im Globus pallidus. Von der Endigung der Keilstrangfasern im Globus pallidus bei Embryonen von 33—35 cm Länge ist im bisherigen bereits die Rede gewesen. Bezüglich der aus dem Nucl. funic. gracilis hervorgehenden Züge lassen Serienschnitte etwas älterer Embryonen von etwa 38—40 cm Länge, wo diese Elemente bereits ummarkt sind, mit voller Bestimmtheit erkennen, dass sie im disto-ventralen Sehhügelabschnitt ein wenig auseinanderweichend einwärts von den Kniehöckern zur Endigung gelangen (Fig. 211 *l*, Fig. 212 *ltb*). Weiter aufwärts sind markhaltige Fasern, welche als direkte Fortsetzung der genannten Schleifenbahnen gelten könnten, nicht mehr nachweisbar.




Fig. 213.

Durchschnitt in der Gegend des Corpus subthalamicum von einem 6—7-monatigen menschlichen Foetus. Färbung nach *Weigert*. *gp* erstes und zweites Glied des Globus pallidus; *ci* innere Kapsel; *cs* Corpus subthalamicum; *lfc* Schleifenfasern aus dem Keilstrangkern, im Globus pallidus endigend.

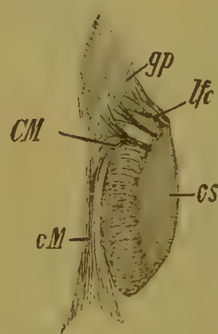



Fig. 214.

Aus einem Durchschnitt der Regio subthalamica von einem 6—7 Monate alten menschlichen Foetus. Färbung nach *Weigert*. *gp* Globus pallidus; *lfc* Schleifenfasern aus dem Keilstrangkern, im Globus pallidus endigend; *cs* Corpus subthalamicum; *CM* *Meynert*sche Kommissur; *cM* Schleifenfasern zur *Meynert*schen Kommissur.

An *Golgi*-Präparaten sieht man grosse Massen von Fasern unter Bildung üppiger Endramificationen von der ventralen Seite her in den Thalamus einstrahlen. Sie stammen nach *Held* teils aus der Schleife, teils aus dem vorderen Kleinhirnschenkel. Während ihres Verlaufes geben die Elemente der Schleifenschicht zahlreiche Kollateralen, augenscheinlich reflektorische Bahnen, zu der Gegend des Pons Varolii ab.

In der Schleifenschicht sind noch zwei weitere Systeme gut abgrenzbar, nämlich das mediale Bündel derselben oder die mediale Schleife und zerstreute Bündelchen feiner Fasern. Sie verknüpfen motorische und sensible Hirnnerven durch den Hirnschenkel und die innere Kapsel unmittelbar mit der Endhirnrinde und kommen später zur Erledigung.

In pathologischen Fällen findet man in der Schleife, infolge der verschiedenartigen Abstammung ihrer Elemente sowohl absteigende wie aufsteigende Faserdegeneration. Nach einer Affektion ventral von den Hinterstrangkernen mit Übergang auf die Fibrae arciformes internae beobachtete *Meyer**) in einem Falle Degeneration der kontralateralen Olivenzwischen- und Schleifenschicht bis hinauf zum

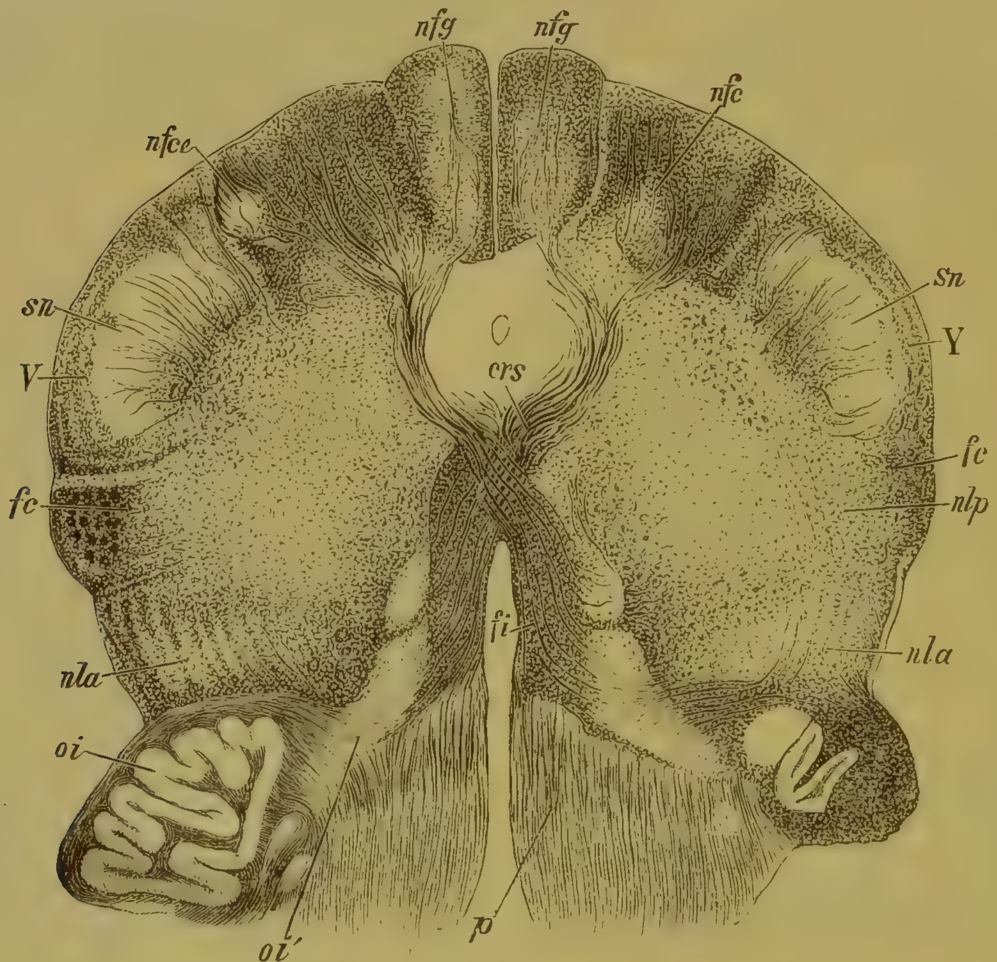



Fig. 215.

Medulla oblongata in der Höhe der Schleifenkreuzung. *p* Pyramide. *oi* untere Olive: *oi'* Nebenolive; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *V* Trigeminus; *Sn* Substantia gelatinosa; *nfce* Teil des lateralen Keilstrangkernes; *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *crs* hintere oder obere Kreuzung; *fi* Olivenzwischenschicht. Nach aussen von *crs* und *fi* findet sich die Substantia reticularis grisea.

vorderen Vierhügel. In ähnlicher Weise hatte sich in einem von *Rossolymo***) mitgeteilten Fall nach gliomatöser Zerstörung eines Hinterhorns im Rückenmarke ausgedehnte sekundäre aufsteigende Degeneration der kontralateralen Schleife im verlängerten Mark, in der Brückengegend und im Hirnschenkel entwickelt. Der Zustand der

*) Archiv f. Psychiatrie, Bd. XVII, 1886.

**) Wjestnik klinitscheskoi i szudebnoi psichiatrii, 1890.

Hinterstrangkerne konnte hier, da das betreffende Stück der Oblongata bei der Sektion verloren gegangen war, leider nicht eruiert werden.

*K. Miura**) berichtet ebenfalls über Gliomatose der Hinterstränge mit nachfolgender aufsteigender Entartung in der Schleife.

*Schultze* konstatierte in einem Falle von Spaltbildung in der rechten Hälfte der Oblongata dicht an der Eröffnungsstelle des Centralkanales aufsteigende Degeneration der Schleife. Auch hier waren

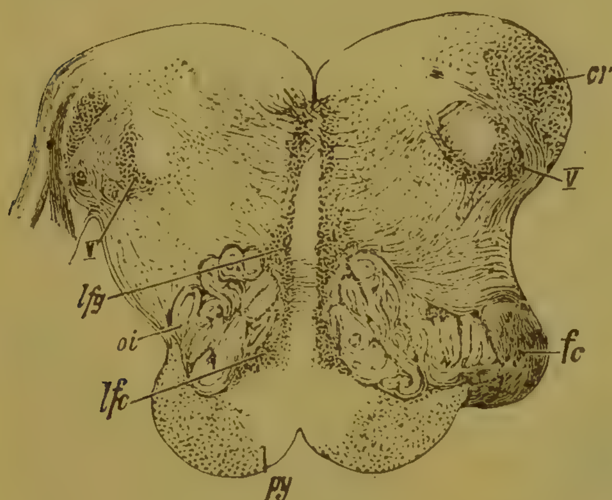



Fig. 216.

Durchschnitt des Gehirns einer menschlichen Frucht von 44 cm Länge. Färbung nach *Weigert*. *V* Radix descendens trigemini; *lfg* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Nucl. funiculi gracilis; *lfc* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Keilstrangkern; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramide; *fc* Anfangsteil der centralen Haubenbahn; *cr* Corpus restiforme.

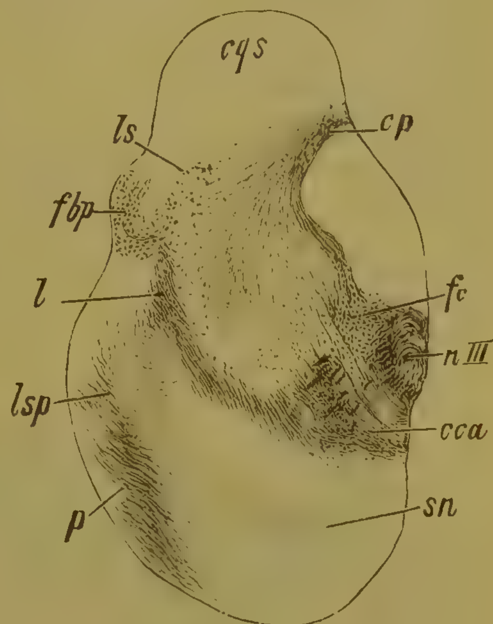



Fig. 217.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbündel, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* vorderer Kleinhirnarm; *nIII* Kern des Oculomotorius; *fc* centrale Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleife ist die Lage des Nucl. innominatus.

gliomatöse Veränderungen bis an die Formatio reticularis zu verfolgen. Der die Hinterstrangkerne enthaltende Teil des Markes konnte nicht näher geprüft werden.

*Schaffer* beschreibt einen Fall von Zerstörung der *Burdach-Goll*-schen Kerne durch einen Tuberkel im rechts-hinteren Teil der Rautengrube. Es fand sich aufsteigende Degeneration der linken Olivenzwischenschicht und Schleife bis hinauf zur Gegend des vorderen Vierhügels.

Nach experimenteller Zerstörung der Hinterstrangkerne bei neugeborenen Tieren fand *Vejas***) nach einiger Zeit Atrophie der gleichseitigen inneren Bogenfasern, der anderseitigen Olivenzwischenschicht

*) *Virchows* Jahresbericht 1891.

**) Archiv f. Psychiatrie 1885, Bd. XVI.

und eines Schleifenbündels, welches aufwärts nur bis zu der Gegend des Trapezkörpers zu verfolgen war.

In den Versuchen von *Singer* und *Münzer**) endlich entwickelte sich infolge von Zerstörung der Hinterstrangkerne Atrophie der Fibrae arcuatae internae und der anderseitigen Schleife bis zu den Sehhügeln hinauf.

Die angeführten pathologischen Beobachtungen sowohl, wie die experimentellen Untersuchungen von *v. Monakow*, *Singer* und *Münzer* lassen es somit zweifellos erscheinen, dass die Schleifenschicht aufsteigende Fasersysteme beherbergt. Schon Affektionen in der Gegend der Oblongata, ja des Rückenmarkes geben Anlass zu aufsteigender Entartung der Schleife ganz offenbar zum Beweise dafür, dass mindestens ein nicht unbeträchtlicher Teil der an das Rückenmark bezw. an dessen Hinter- und Seitenstränge sich anschliessenden Schleifenfasern aufsteigenden Verlauf besitzt. Der aufsteigende Charakter eines Teiles der mit den Hinterstrangkernen verbundenen Schleifenfasern erhellt übrigens aus der Thatsache, dass Neuriten der Hinterstrangkerne an *Golgi*schen Präparaten zur oberen Kreuzung, aus der sich die Schleife entwickelt, verfolgt werden können.




Fig. 218.
Gehirn eines Erwachsenen mit rechtsseitiger Erweichung im Gebiete der inneren Kapsel. Der Schnitt verläuft hinter dem distalen Vierhügel, dicht vor der Brücke. Behandlung nach *Weigert*. *l* Schleifenschicht; *lp* mediale Schleife, links atrophisch; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbündel, rechts in den Hirnschenkel eintretend; *ll* laterale Schleife mit ihrem Kern; *fl* hinteres Längsbündel; *pca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel.

Da die Degeneration in keinem der genannten Fälle sich jenseits der Thalami in die Hemisphären hineinerstreckte, so ist mehr als wahrscheinlich, dass die aufsteigenden Schleifenbahnen nicht kontinuierlich zur Rinde gehen, worauf ja, wie erwähnt, auch die entwickelungsgeschichtlichen Thatsachen hindeuten.**)

---

*) Abhandlungen d. math.-naturwiss. Klasse d. K. K. Akademie der Wissenschaften. Wien 1890.

**) Bei Gelegenheit des Physiologenkongresses in Bern 1895 hatte ich das Vergnügen, eine Reihe nach *Marchi* behandelter Präparate von *Mott* aus Hirnen von

Die Akten der Pathologie weisen aber nicht wenige Fälle auf, wo neben aufsteigender auch absteigende Degeneration der Schleife zur Beobachtung gelangte, und noch zahlreicher sind die Fälle, in welchen nur absteigende Degeneration der Schleifenschicht vorlag.

Zu den ersten bekannt gewordenen Fällen dieser Art gehört der von *P. Meyer**) mitgeteilte. Ausser kleineren Herden im Centrum semiovale fand sich am Boden der Rautengrube eine bräunlich verfärbte Einsenkung rechts von der Mittellinie und etwas nach vorne von den rechtsseitigen Striae acusticae. Die mikroskopische Untersuchung eruierte in der Gegend des unteren Vierhügels Degeneration der lateralen und eines Teiles der Hauptschleife, von welch' letzterer nur der allerinnerste Abschnitt erhalten war. Auf Durchschnitten der vorderen Vierhügelgegend war zwischen rechter und linker Schleifenschicht bereits kein wesentlicher Unterschied bemerkbar. Abwärts vom unteren Vierhügel aber erwies sich ausser der Schleife die Gegend der Formatio reticularis und die obere Olive als entartet. Im verlängerten Mark betraf die Degeneration die Olivenzwischenschicht und die rechte Olive. Die Kerne der Hinterstränge boten keine Veränderungen dar, dagegen fand sich im Niveau der Pyramidenkreuzung am Rande des Seitenstranges ein dreieckiges Degenerationsfeld.

In dem Fall von *Spitzka***) fand sich ausser zahlreichen kleineren Herden, welche das Mark des rechten Occipitallappens durchsetzten, rechts eine alte Narbe in dem vorderen Teil des Nucleus caudatus, ferner ein linsengrosser Erweichungsherd in dem mittleren Teil des äusseren Thalamusdrittels und der inneren Kapsel. Links bestand im Hemisphärenmark ein Herd nach vorne und oben vom Nucl. lentiformis; weitere zwei Herde von etwa Linsengrösse lagerten in der Substanz des hinteren Abschnittes dieses Ganglions. Endlich wurde im vorderen Drittel der Varolsbrücke eine cystenähnliche Höhle als Residuum einer stattgehabten Hämorrhagie angetroffen, welche Höhle in dem mittleren Teil der Brücke zwischen Raphe und motorischer Quintuswurzel ihre Lage hatte. Als Folgeerscheinung der erwähnten Cyste hatte sich in aufsteigender Richtung in der Gegend des hinteren Vierhügels Degeneration des mittleren Drittels

---

Affen, denen die Hinterstrangkerne experimentell zerstört worden waren, einer Durchsicht zu unterziehen und konnte mich bestimmt überzeugen, dass die durch den genannten Eingriff hervorgerufene Schleifendegeneration die hintere Thalamusgegend nach oben hin nicht überschritt. Dies beweisen auch *Marchi*-Präparate, welche *Lazurski* in meinem Laboratorium von dem Gehirn einer Katze mit zerstörten Hinterstrangkernen angefertigt hat.

*) Archiv f. Psychiatrie 1882, Bd. XIII.

**) The americ. Journ. of neurolog. and psych. 1883, Vol. II.

der Schleife entwickelt, in absteigender Richtung konnte die Degeneration der Schleifenbahn durch die sensorische Kreuzung bis zu dem rechten Keilstrangkern verfolgt werden, woselbst deutlicher Zellschwund bestand.

In einem unlängst von mir veröffentlichten Fall von syphilitischer Sklerose*) sass einer der Herde von Hanfkorngrösse unterhalb des hinteren Vierhügels im Gebiete der Schleifenschicht und erstreckte sich teilweise in die Region der centralen Haubenbahn hinein. Der Befund bestand unter Anderem in absteigender Degeneration dieser Haubenbahn und in auf- und absteigender der Schleifenschicht. Die absteigende Faserdegeneration in der Schleife ging dicht bis zu den atrophischen Hinterstrangkernen, die aufsteigende reichte von dem vorhin erwähnten Herd bis zu den hinteren Abschnitten des Thalamus, wo sie gänzlich verschwand.

In diesen, wie in den früher mitgeteilten Fällen setzte sich somit die aufsteigende Schleifendegeneration nicht in die Hemisphären hinein fort, ein Verhalten, welches der Annahme eines kontinuierlichen Verlaufes der aufsteigenden Schleifenbahnen zu der Endhirnrinde entschieden im Wege steht.

Fälle von absteigender Degeneration der Schleife sind bereits in ziemlich grosser Anzahl bekannt. Ihrer Wichtigkeit wegen sollen dieselben hier in aller Kürze referiert werden.

Einer der ersten derartigen Fälle ist von *Kahler* und *Pick* mitgeteilt worden. Die Degeneration war bedingt durch einen 8 mm breiten Herd in der Brückenhaube, welcher oben das Vorderende der Rautengrube, unten die Striae acusticae erreichte. Die Untersuchung ergab u. a. absteigende Entartung der linken Olivenzwischenschicht und Sklerose der medialen Nebenolive.

In einem von *Schräder***) beschriebenen Fall fand sich ausser Thrombose der linken Arteria fossae Sylvii und Atrophie des linken Gyrus supramarginalis, angularis und temporalis primus, der linken inneren Kapsel, des Streifenhügels und Linsenkernes, ein Erweichungsherd des linken Hirnschenkels im Bereiche der vorderen Abschnitte des Oculomotorius. Der Herd durchsetzte nahezu die gesamte Höhe des Hirnschenkels. Die mikroskopische Untersuchung der Schnitte eruierte absteigende Degeneration der linken Pyramidenbahn, der linken Schleife, der unteren Olive und einer dorsolateral von letzterer gelegenen Gegend. Die Degeneration ging hart bis zu den Hinterstrangkernen,

---

*) Mitgeteilt in der wissenschaftlichen Versammlung der Ärzte der Klinik für Nerven- und Geisteskrankheiten in St. Petersburg, Oktober 1895. Obosrenye psichiatrii 1896.

**) Inaug.-Dissert. Halle 1884.

insbesondere bis zum Nucl. funiculi cuneati, bezw. bis in die Pyramidenstränge des Markes hinein.

In dem Fall von *Gebhard**) handelte es sich neben käsigen Herden in der Rinde um einen kastaniengrossen Tuberkel der Brücke, welcher die ganze Breite der letzteren vom Unterende des Aquaeductus Sylvii bis an die vorderen Striae medullares einnahm. Die Folge dieses Herdes war partielle Degeneration beider Pyramidenbahnen, Degeneration beider Schleifen bis zu den Hinterstrangkernen, sowie Degeneration von Elementen der Formatio reticularis, die teils schon in der Oblongata aufhörten, teils sich in die Vorderseitenstranggrundbündel des Rückenmarkes fortsetzten.

*Moeli* und *Marinesco***) sahen am Boden des IV. Ventrikels etwas nach vorne von den Striae acusticae dextrae eine einem Erweichungsherde entsprechende grau verfärbte Einsenkung. Im Gebiete des rechten hinteren Vierhügels war durch den genannten Herd zerstört worden: die äussere Abteilung der Hauptschleife, der ventrale Teil der lateralen Schleife, die Formatio reticularis seitlich und nach vorne von dem hinteren Längsbündel und die centrale Haubenbahn. Im verlängerten Mark bestand Degeneration der Olivenzwischenschicht und der rechten Olive. Die Degeneration der Olive stand hier offenbar in Zusammenhang mit der der centralen Haubenbahn (s. unten).

In einem weiteren Fall, welchen ich der Liebenswürdigkeit Prof. *Flechsigs****) verdanke, bestand ausgedehnte Erweichung in der linken und ein kleiner Herd in der rechten Endhirnhemisphäre. Links betraf die Erweichung die ganze dritte und einen grossen Teil der zweiten Stirnwindung, die untere Hälfte beider Centralwindungen, das untere Scheitelläppchen, einen grossen Teil der Aussenfläche des Occipitallappens, alle drei Schläfenwindungen und sämtliche Windungszüge der Insula Reilii. Die äussere und innere Kapsel, der Linsenkern, der Schweifkern und der obere Teil des Sehhügels waren ebenfalls an der Erweichung mitbeteiligt. Als Folgeerscheinung hatte sich Atrophie des Brachium conjunctivum posterius, des gesamten linken Hirnschenkels, der linken Brückenhälfte und der linken Pyramide entwickelt. Die mikroskopischen Schnitte zeigten absteigende Degeneration des gesamten Hirnschenkelfusses mit Einschluss seines äussersten Teiles (des *Türk*schen Bündels), Atrophie und Zellschwund in der Substantia nigra, absteigende Degeneration der medialen accessorischen Schleife und Atrophie der gesamten Schleifenschicht. Die Entartung der accessorischen Schleifenbahn konnte bis zur unteren Brückengegend verfolgt werden, wo sie allmählich verschwand.

*) Inaug.-Dissert. 1877.
**) Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXIV, 1892.
***) *Bechterew*, Archiv f. Psychiatrie, Bd. XIX.

Bei der Veröffentlichung dieses Falles ist das Verhalten der hinteren Kreuzung und der Hinterstrangkerne unerwähnt geblieben. Bei einer nochmaligen Durchsicht meiner bezüglichen Präparate finde ich, dass auch hier Atrophie der Fibrae arcuatae und der Hinterstrangkerne vorlag; besonders auffallend erschien die Atrophie in dem Nucleus funiculi gracilis.

Absteigende Degeneration der Schleife beobachtete *Muratoff**) in einem Fall von amyotrophischer Lateralsklerose, wo die Hinterstrangkerne und die sensible Kreuzung unversehrt erschienen. In der Schleife und vorwiegend in deren innerer Abteilung begannen die Ver-

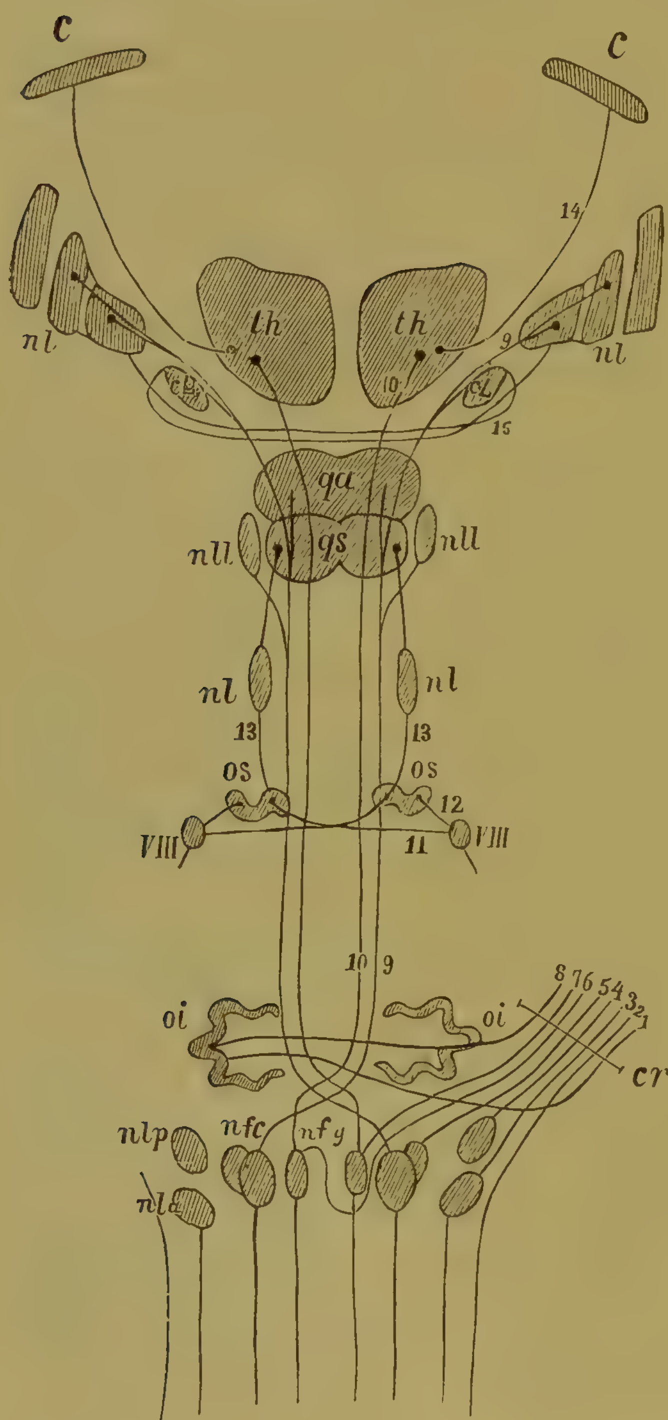



Fig. 219.

Die Bahnen der Hinterstrangkerne zur Schleife und zum hinteren Kleinhirnschenkel. Schema. *c* Endhirnrinde; *nl* Linsenkern; *th* Sehhügel; *cL* Corpus Luysii s. subthalamicum; *qa* vorderer, *qs* hinterer Vierhügel; *nll* Corpus parabigeminum; *nl* Kern der lateralen Schleife; *os* obere Olive; *VIII* Nucleus anterior des Gehörnerven; *oi* untere Olive; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *nfc* Keilstrangkern; *nfg* Kern des zarten Stranges; *cr* Corpus restiforme; 1 u. 8 Fasern aus den unteren Oliven zum Kleinhirn; 2 Kleinhirnseitenstrangbahn; 3 Faser aus dem vorderen Seitenstrangkern zum Kleinhirn; 4 Faser aus dem hinteren Seitenstrangkern zum Kleinhirn; 5 Faser aus dem Keilstrangkern zum Kleinhirn; 6 und 7 Fasern aus den beiderseitigen Kernen der zarten Stränge zum Kleinhirn; 9 äussere Abteilung der Hauptschleife, aus dem kontralateralen Keilstrangkern sich entwickelnd; 10 innere Abteilung der Hauptschleife aus dem kontralateralen *Goll*schen Kern zum Sehhügel; 14 Rindenschleife; 15 Schleifenfasern der *Meynert*schen Kommissur.

*) Wjestnik klinitscheskoi i szudebnoi psichiatrii, 1888.

änderungen da aufzutreten, wo ihre Fasern sich ventral von der Formatio reticularis flächenhaft ausbreiten.

*Dejerine**) stiess in einem Falle bei der Sektion auf einen Herd, welcher den ganzen linken Linsenkern, das hintere Drittel des vorderen Schenkels und das Knie der inneren Kapsel ergriffen hatte. Als Folgeerscheinungen wurden eruiert: Degeneration der Pyramidenbahn im Hirnstamm und im Rückenmark, Atrophie der linken Schleife und der Kerne der *Burdach-Goll*schen Stränge rechterseits.

Der Fall von *Flechsig* und *Hösel***) ist oben bereits angeführt worden.

In einem anderen, schon beiläufig erwähnten Fall von *Hösel* sass in dem Haubengebiet des rechten Hirnschenkels ein Herd, welcher bis in die Gegend des hinteren Sehhügelabschnittes, des Pulvinar und der inneren Kapsel sich erstreckte. Die Untersuchung ergab u. a. Degeneration der Schleifenschicht von den kontralateralen Hinterstrangkernen beginnend durch die sensible Kreuzung hindurch längs des Hirnstammes bis zu der Capsula interna, wo die Schleifenfasern, wie *Hösel* annimmt, mit den Pyramidenbahnen in den Stabkranz der Centralwindungen eintreten.

*Mahaim****) berichtet über einen Herd in der rechten Hemisphäre, welcher die Gegend des Gyrus supramarginalis, die obere Schläfenwindung, die Insel nebst der darunterliegenden Marksubstanz, das Putamen und den Kopf des Schweifkerns ergriffen hatte. Die Affektion hatte zur Folge Degeneration der gesamten inneren Kapsel mit Ausschluss ihres hintersten und vordersten Teiles, Degeneration der drei inneren Viertel des Hirnschenkels, Atrophie sämtlicher Thalamuskerne und Atrophie der Schleife abwärts bis zu der sensorischen Kreuzung und den anderseitigen Hinterstrangkernen.

*Henschen*†) beschreibt fünf Fälle von Degeneration und Atrophie der Schleife. In einem derselben handelte es sich um Hämorrhagien im Scheitellappen, im Thalamus, im Kleinhirn und im vorderen — dorsalen Abschnitt der Varolsbrücke mit Ergriffensein der medialen oder Pedunculusschleife (mediale accessorische Schleifenbahn). Die Untersuchung eruierte Atrophie des linken Sehnerven, des linken vorderen Kleinhirnschenkels und der medialen oder Pedunculusschleife; in der Olivenzwischenschicht war ebenfalls Faseratrophie bemerkbar, sowie Atrophie der Fibrae arcuatae internae rechterseits. Die Kerne der *Goll-Burdach*schen Stränge erschienen unverändert. In dem zweiten

*) Arch. de physiol. 1890.

**) Neurologisches Centralbl. 1890, No. 14. *Hösel*, Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXIV.

***) Archiv für Psychiatrie 1893, Bd. XXV.

†) Pathologie des Gehirns 1890—1892, S. 182.

Fall ergab die Sektion rechterseits Zerstörung des oberen Stirnwindungszuges, der vorderen Centralwindung, zweier Temporalgyri und eine Cyste im rechten Thalamus; die Schleifenschicht erwies sich im Zustande absteigender Entartung, besonders auffallend in der Gegend des Vierhügels, in der Brücke und im verlängerten Mark. Der dritte Fall bestand in Atrophie der Gegend der Fissura calcarina und fast völligem Schwund des äusseren und inneren Kniehöckers. In dem äusseren Teil des vorderen Vierhügels rechterseits sass ferner eine Narbe, die den mittleren Abschnitt der Schleifenschicht in Mitleidenschaft gezogen hatte. In Abhängigkeit von dieser Narbe hatte sich entwickelt absteigende Degeneration der Schleife, Atrophie der rechten Olivenzwischenschicht, der Fibrae arcuatae internae und des Nucleus funiculi cuneati linkerseits. Der vierte Fall von *Henschen* bot Zerstörungen in der Rinde und im Mark der rechten Hemisphäre dar, mit nachfolgender sekundärer absteigender Degeneration der rechten Pyramidenbahn, der Pedunculusschleife und der inneren Abteilung der Hauptschleife. In *Henschen*s fünftem Fall endlich fand sich Atrophie der Rinde der zweiten Stirnwindung, der Umgebung des Sulcus interparietalis und beider Occipitallappen, ferner ein Herd in der Capsula externa, welcher einen Teil der Stabkranzfaserung zerstört hatte, und einige kleinere Herde in der Rinde — besonders in den Hinterhauptlappen — und im rechten Linsenkern. Die Schleife erschien rechts in ganzer Ausdehnung atrophisch; auch die Olivenzwischenschicht befand sich rechterseits im Zustande merklicher Atrophie.

*Greiwe**) beobachtete in der Haube des rechten Hirnschenkels am hinteren-inneren Abschnitt des Thalamus einen käsigen Herd, welcher sich distalwärts bis zum vorderen Vierhügel erstreckte. Unterhalb des Herdes bestand Degeneration des vorderen Kleinhirnschenkels, geringe Degeneration der linksseitigen medialen, der rechten lateralen und eines Teiles der Hauptschleife; auch ein Teil der linken Schleife war entartet. Abwärts wurde die Degeneration allmählich schwächer und betraf in der Brückengegend nur die innere Abteilung der Hauptschleife und die Formatio reticularis. In der Medulla oblongata erschien die rechte Hälfte der Olivenzwischenschicht nebst der rechten Olive atrophisch. Die Kerne der Hinterstränge jedoch waren normal.

In dem Fall von *Homen***) wurde bei der Sektion in der linken Hälfte der Varolsbrücke ein Erweichungsherd eruiert, welcher zu Degeneration der Pyramidenbahn und der Schleife in der unteren Brückengegend und im verlängerten Mark geführt hatte.

*Witkowsky****) meldet einen Fall von Porencephalie der rechten

*) Neurologisches Centralblatt 1894, No. 4—5.

**) *Virchows* Archiv, Bd. LXXXVIII, 1882.

***) Archiv f. Psychiatrie 1883, Bd. XIV, Heft 2.

Hemisphäre mit Fehlen der *Reil*schen Insel, der anstossenden Teile des Stirn-, Scheitel- und Schläfenlappens, der äusseren und inneren Kapsel und der grossen Ganglien bei alleiniger Erhaltung eines Teiles des Sehhügels. Die Schnitte zeigten absteigende Degeneration des ganzen rechten Hirnschenkelfusses mit Ausnahme seines äusseren Teiles, sowie unterhalb der Brücke Atrophie der Pyramidenbahn. In der Haubengegend bestand Atrophie der Schleife, des roten Kerns und der Substantia nigra; die Schleifenatrophie erstreckte sich bis zur Gegend der Olivenzwischenschicht.

*Wollenberg* *) sah absteigende Degeneration der Schleife auf einer kurzen Strecke infolge einer erbsengrossen Cyste, welche im Niveau des vorderen Vierhügels sich auf das Gebiet des roten Kerns und der Schleifenschicht ausdehnte.

In dem Falle von *Schaffer***) lag eine Affektion der Schleife in der Gegend des rechten hinteren Vierhügelganglions vor. Als Folge davon fand sich absteigende Degeneration der Schleife, der Olivenzwischenschicht und der inneren Bogenfasern. Die Kerne der Hinterstränge boten keine Zeichen von Atrophie dar.

*Bruce****) endlich veröffentlicht einen Fall von Zerstörung der rechten inneren Kapsel mit nachfolgender absteigender Degeneration der rechten Schleife und Olivenzwischenschicht, der linken Fibrae arcuatae externae und der beiden linken Hinterstrangkerne.

Nach experimenteller Zerstörung des Scheitellappens bei jugendlichen Tieren entwickelt sich, den früher erwähnten Ermittelungen *v. Monakows* zufolge, nach und nach Atrophie der Schleife, der kontralateralen Fibrae arciformes internae und des kontralateralen Nucleus funiculi gracilis. In Fällen von Atrophie der Schleifenschicht ist aber ausser dem *Goll*schen auch der *Burdach*sche Kern atrophisch gefunden worden, allerdings mit Erhaltung seines zu dem Kleinhirn in Beziehung stehenden lateralen Abschnittes. Hin und wieder ist sogar über absteigende Atrophie der Hinterstränge nach Hirnläsionen berichtet worden, eine Erscheinung, die offenbar als sekundär, im Anschluss an eine voraufgehende Atrophie der Schleife und der Hinterstrangkerne sich entwickelnd aufzufassen ist.

Aus der obigen Darstellung darf der Satz abgeleitet werden, dass die Schleifenschicht ausser aufsteigenden Bahnen zweifellos eine gewisse Anzahl absteigender Fasern beherbergt.

Fragt man nun, welche Teile der Schleife absteigender Entartung unterliegen, so wird man durch eine Analyse der oben angeführten

---

*) Archiv f. Psychiatrie 1888, Bd. XXI.

**) *Virchows* Archiv 1890, Bd. CXXII.

***) Brain, Winter 1893.

Casuistik, in welcher einfache Atrophien nicht selten als Degenerationserscheinungen aufgeführt werden, kaum zu einem befriedigenden Aufschluss gelangen. Eine Erledigung dieser Frage kann vielmehr meines Erachtens nur durch neue experimentelle Untersuchungen, insbesondere an der Hand der Methode von *Marchi*, herbeigeführt werden.

Was die Frage betrifft, ob die Schleife eine kontinuierliche absteigende Bahn zwischen Hinterstrangkernen und Endhirnrinde darstelle, so ist meines Erachtens in dem vorhandenen Beobachtungsmaterial für

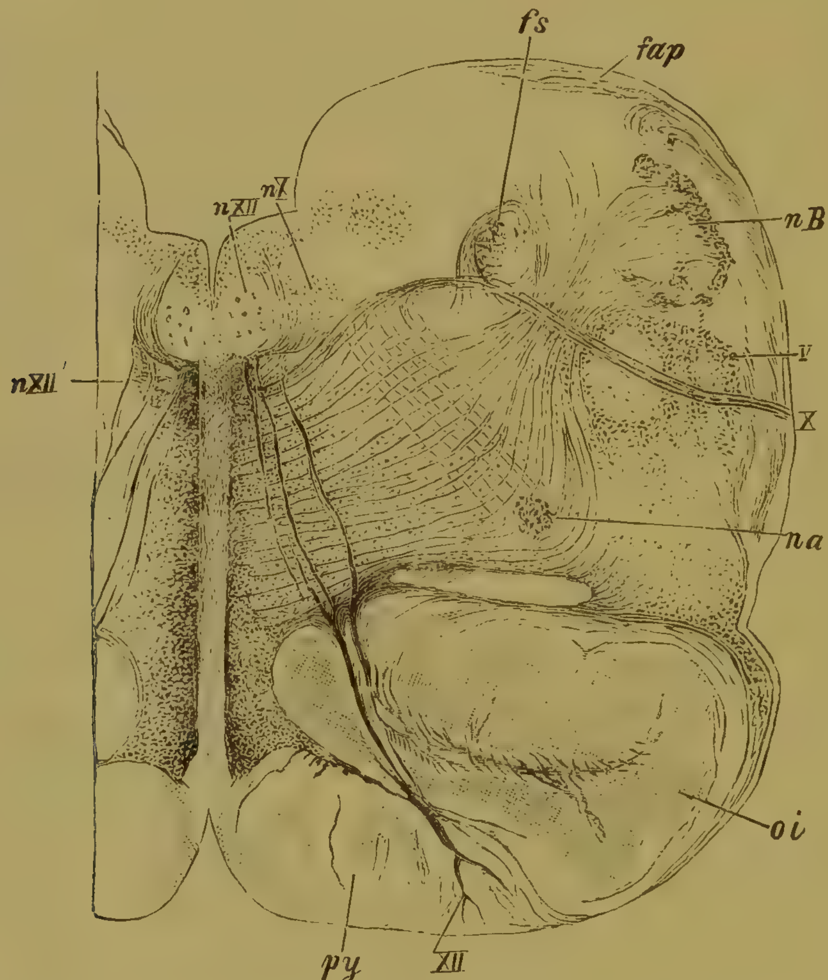



Fig. 220.

**Medulla oblongata eines menschlichen Embryo.** Färbung nach *Weigert*. *V, X, XII* Wurzeln der entsprechenden Hirnnerven; *nX* Kern des Nerv. vagus; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* accessorischer Kern des Hypoglossus; *fs* Fasciculus solitarius; *na* Nucleus ambiguus; *oi* untere Olive; *py* Pyramide; *fap* Fibrae arcuatae posteriores.

das Vorkommen solcher Schleifenfasern kein vollgiltiger Beweis gegeben. Zu Gunsten der Annahme einer derartigen Kontinuität der Schleifenbahn könnten eigentlich nur 2—3 Fälle angeführt werden, vor allem der vorhin erwähnte von *Flechsig* und *Hösel*. Allein gegen die Beweiskraft dieses Falles hat sich schon *Mahaim* ausgesprochen und der Vermutung Raum gegeben, es habe sich hier um Atrophie der Schleife nach Atrophie der Thalamuskerne gehandelt. Meinerseits finde ich

mich ebenfalls geneigt, die Fälle von absteigender Degeneration der Schleife nach Rindenaffektionen als solche aufzufassen, in welchen es sich nicht um Degeneration, sondern um Atrophie der Schleife handelte, und zwar um Atrophie im Anschluss an eine solche der Sehhügelkerne. Die Wahrscheinlichkeit dieser Ansicht ergiebt sich einerseits aus dem Vorkommen solcher Fälle, wo nach Beschädigung von Kernen des Hirnstammes, z. B. der Thalami absteigende Degeneration bezw. Atrophie in den Hintersträngen des Rückenmarkes zur Entwickelung gelangt, andererseits aus der Thatsache, dass bei Rindenaffektionen neben Schleifendegeneration bezw. -atrophie in der Regel Atrophie der Thalamuskerne vorgefunden wird.

Ich wende mich nunmehr zu den übrigen Verbindungen der Hinterstrangkerne, nachdem im bisherigen die zu ihnen in unmittelbarer Beziehung stehenden Schleifenbahnen Erledigung gefunden haben.

Das Vorkommen einer Verbindung der Hinterstränge mit den unteren Oliven und durch letztere mit dem kleinen Gehirn wird im Hinblick darauf, dass bei Embryonen von etwa 38—40 cm Länge, wo sämtliche Faserzüge aus den Hinterstrangkernen gut entwickelte Markscheiden aufweisen, das Grau der unteren Oliven der markhaltigen Fasern noch gänzlich entbehrt, gegenwärtig als zweifelhaft hingestellt. Doch bleibt in dieser Beziehung zukünftigen Beobachtungen das letzte Wort vorbehalten. Andererseits berechtigen die Befunde an dem

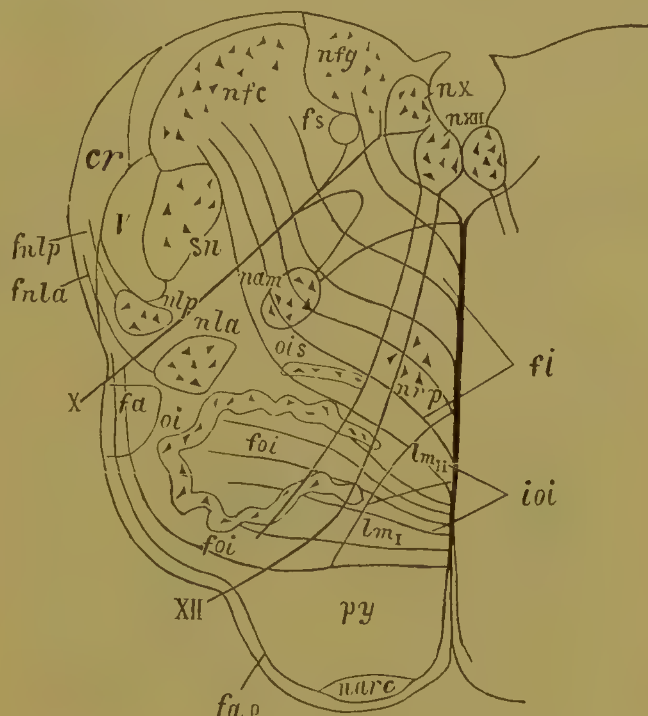



Fig. 221.

Die Wurzeln des Vagus und Hypoglossus und die Olivenzwischenschicht. Schema.
*X* Wurzel des Nerv. vagus; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *nX* Nucleus nervi vagi; *nXII* Nucleus nervi hypoglossi; *fs* Fasciculus solitarius; *nam* Nucleus ambiguus; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fnla*, *fnlp* Fasern aus den Seitenstrangkernen zum Corpus restiforme; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *cr* Corpus restiforme; *nfc* Nucl. funiculi cuneati; *nfg* Rest des Nucl. gracilis; *oi* Oliva inferior; *ois* obere Nebenolive; *nrp* Nucl. funiculi anterioris; *py* Pyramide; *ioi* Olivenzwischenschicht; $lm_I$ Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem kontralateralen Keilstrangkerne, weiter oben den lateralen Abschnitt der Hauptschleife darstellend; $lm_{II}$ Faserzüge der Olivenzwischenschicht aus dem kontralateralen Nucl. funiculi gracilis, weiter oben den medialen Abschnitt der Hauptschleife bildend; *narc* Nucl. arciformis; *fae* Fibrae arcuatae externae, hervorgegangen aus dem Nucl. funic. gracilis entstammenden Fasern der oberen Kreuzung; *fi* Fibrae arcuatae internae; *fa* Lage der aus dem hinteren Teil des Seitenstranggrundbündels kommenden aberrierenden Bündels der Medulla oblongata; *foi* Faserzüge aus der Olive zum Corpus restiforme.

fötalen Gehirn zu der Annahme mehr unmittelbarer Beziehungen zwischen den Kernen der *Goll*schen Stränge und dem Kleinhirn. Auf Durchschnitten des oberen Teiles der sensiblen Kreuzung sind nämlich konstant Faserzüge nachweisbar, die aus dem den *Goll*schen Kernen entsprechenden Abschnitt dieser Kreuzung in die Pyramide eintreten. Die fraglichen Fasern verlieren sich zum Teil in der Pyramide selbst zwischen den hier vorhandenen Längszügen, zum Teil umkreisen sie dieselbe — mit Unterbrechung im Nucl. arciformis — von vorne oder von hinten, treten aber an ihrer lateralen Ecke von Neuem zu einem geschlossenen Bündel zusammen und steigen schliesslich als sogen. Fibrae arcuatae s. zonales anteriores längs dem Rande des verlängerten Markes zum Corpus restiforme empor (Fig. 221 *fac;* Fig. 232).*)

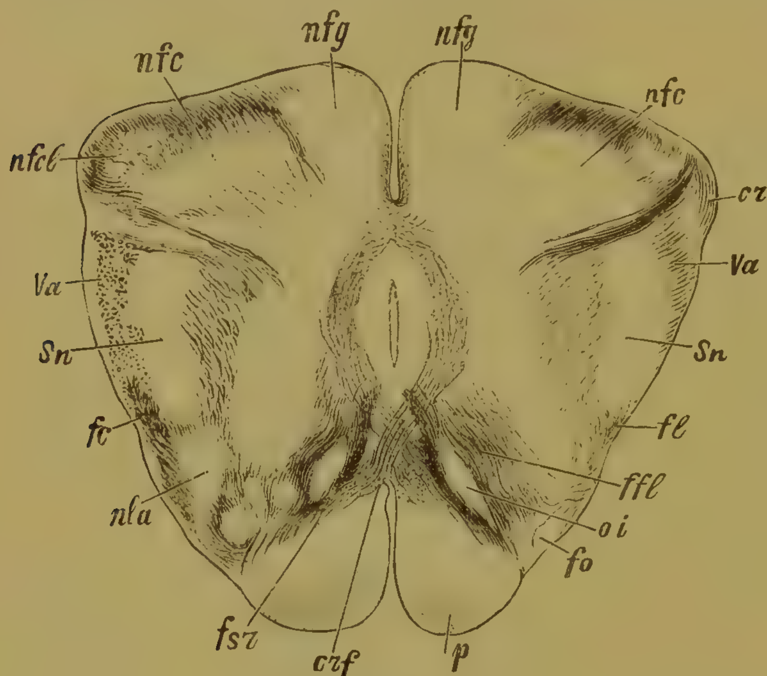



Fig. 222.

Querschnitt durch das verlängerte Mark eines 6—7 monatigen menschlichen Foetus in der Nähe des unteren Teiles der grossen Oliven. Färbung nach *Weigert*. *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *cr* Anfangsteil des Corpus restiforme; *Va* aufsteigende Trigeminuswurzel; *Sn* Substantia gelatinosa; *oi* unterer Teil der Olive; *fo* Olivenstrang; *p* Pyramide; *crf* hintere Kreuzung mit Fasern aus den Keilstrangkernen; *ffl* Fasern aus dem Seitenstranggrundbündel; *fsr* Fasern des Vorderseitenstranggrundbündels; *fl* aberrierendes Bündel; *nla* vorderer Seitenstrangkern; *nfcl* lateraler Keilstrangkern; *fc* Kleinhirnbündel.

Dass die in Rede stehenden Faserzüge in der That den Kernen der zarten Stränge entstammen, erhellt einmal aus ihrem unmittelbar sichtbaren Zusammenhang mit letzteren, sodann aber aus dem Umstand, dass sie gleichzeitig mit anderen Abkömmlingen jener Kerne, nämlich bei etwa 35—38 cm Fötuslänge myelinhaltig zu werden beginnen. Sie erzeugen offenbar eine gekreuzte Verbindung der *Goll*schen Hinterstrangkerne mit dem Kleinhirn, in ähnlicher Weise wie die nachbarlichen Keilstrangkerne durch innere Bogenfasern mit der contralateralen Kleinhirnhälfte in Verkehr stehen. Es ziehen aber von den *Goll*schen

*) Da die Pyramidenbahn etwas später markhaltig wird, als die soeben erwähnten Elemente der oberen Kreuzung, so sind letztere an geeigneten Durchschnitten fötaler Hirne mit grösster Leichtigkeit darstellbar. Auch in Fällen von sekundärer Degeneration der Pyramidenbahnen heben sie sich von der entarteten Umgebung mit ungemeiner Schärfe ab (Fig. 232).

Kernen sowohl, wie von den äusseren *Burdach*schen Kernen andere Elemente — Fibrae arcuatae s. zonales posteriores (Fig. 220 *fap*) — an der Peripherie der gleichseitigen Hälfte der Medulla oblongata zu dem Corpus restiforme hinauf und bilden somit eine ungekreuzte Hinterstrangkern-Kleinhirnbahn.

Alle diese Verbindungen erfahren eingehende Würdigung bei der Betrachtung der Kleinhirnfaserung, hier dagegen ist eine Beschreibung jener Bestandteile des Hirnstammes anzuschliessen, welche sich als obere Fortsetzung der Vorderseitenstranggrundbündel des Rückenmarkes darstellen.

Da viele Fasern der Grundbündel schon sehr frühzeitig, bei etwa 25—30 cm Fötuslänge, myelinhaltig werden, also zu einer Zeit, wo alle übrigen Rückenmarksstränge mit Ausnahme der anterolateralen Zone der *Burdach*schen Bündel noch völlig marklos erscheinen, so wird man die cerebralen Bahnen jener in der genannten Fötalperiode mit voller Schärfe abgrenzen können.

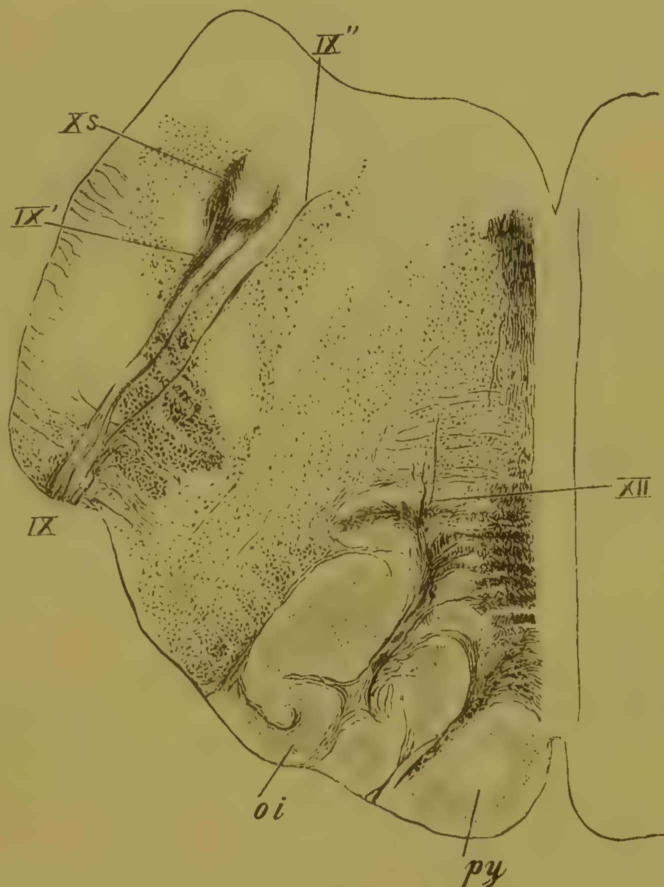


Fig. 223.

*IX*, *XII* Wurzeln des Glossopharyngeus und Hypoglossus; *IX'* Glossopharyngeuswurzel zum Fasc. solitarius; *XII'* motorische Wurzel des Glossopharyngeus; *oi* untere Olive; *py* Pyramide.

An Serienschnitten derartiger Hirne gelingt der Nachweis, dass ein erheblicher Teil des Vorderseitenstranggrundbündels in die Formatio reticularis des Gehirnstammes übergeht, und zwar in das mediale Feld und in die nachbarlichen Bezirke des lateralen Feldes derselben (Fig. 222).*) Ein kleinerer zu hinterst gelegener Anteil des

*) Als mediales Feld der Formatio reticularis bezeichne ich jenen Teil des letzteren, welcher aussen durch eine Ebene begrenzt wird, die man sich in der Richtung des Austrittes der Hypoglossus- und Abducenswurzeln hindurch gelegt denken kann. Der auswärts davon gelegene Abschnitt der Formatio reticularis, in dorsolateraler Richtung durch die austretenden Wurzeln des Glossopharyngeus und Vagus begrenzt, erhält den Namen laterales Feld.

Seitenstranggrundbündels trennt sich beim Übergang in das verlängerte Mark von dem Rest des Grundbündels, lagert sich im lateralen Felde der Formatio reticularis an der Peripherie der Medulla oblongata und strebt als gänzlich gesondertes sogen. aberrierendes Bündel aufwärts (Fig. 221 *fa*, Fig. 225 *fl*). Die den Fasciculus marginalis anterior zusammensetzenden Grundbündelelemente endlich stehen in nächster Beziehung zu dem kleinen Gehirn, aus dem sie mit dem Corpus restiforme hervortreten.

Der Übergang der soeben erwähnten Grundbündelelemente in die Formatio reticularis vollzieht sich in der Weise, dass das Vorderstranggrundbündel in dem Masse wie der Centralkanal nach hinten rückt, sich als geschlossenes Bündel nach und nach den hinteren Abschnitten der Oblongata nähert und hierbei den vorderen Teil des Seitenstranggrundbündels mit sich zieht (Fig. 222). Infolge dieses Verhaltens sind an dem fötalen Hirn schon in der Gegend der Mitte der Unterolive in dem medialen Felde der Formatio reticularis jederseits von der Raphe dicht gedrängte Faserzüge anzutreffen, welche sich auf Querschnitten in Gestalt zweier mächtiger vertikaler Säulen darstellen (Fig. 223). Die oberen bezw. die hinteren Teile der Säulen erscheinen von dichterem Gefüge und schliessen Bestandteile des Vorderstranggrundbündels in sich; ihr unterer oder vorderer Abschnitt hingegen reicht bis an die Olivenzwischenschicht bezw. die hier durchtretenden centralen Hinterstrangbahnen und beherbergt Elemente aus dem vorderen Teile des Seitenstranggrundbündels. Von den zur Schleife sich gesellenden Vorder- und Seitenstrangfasern, welche gekreuzte centrale Bahnen der hinteren Rückenmarkswurzeln vorstellen, ist im obigen bereits die Rede gewesen.

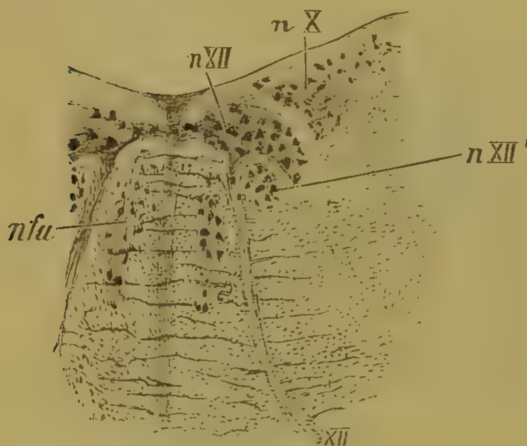



Fig. 224.

Teil eines Querschnitts durch das verlängerte Mark vom Hunde. Karminpräparat. *XII* Nerv. hypoglossus; *nXII* Kern des Nerv. hypoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus; *nfa* Vorderstrangkern.

Der Rest des Seitenstranggrundbündels schliesst sich nicht unmittelbar der Bahn des Vorderstranggrundbündels an; vielmehr zerstreuen sich seine Bestandteile während ihres Durchtrittes durch die Reste der Vorderhörner, lagern sich sodann teils an der dorsalen Seite der unteren Olive, vorwiegend aber beiderseits von den vorhin beschriebenen Fasersäulen und reichen lateralwärts etwas über die Hypoglossuswurzeln hinaus.

Verfolgt man diese Faserzüge auf Serienschnitten bei etwa 25—28 cm Foetuslänge aufwärts, so verschwindet in der Gegend

der Unterolive beim Erscheinen des Vorderstrangkerns (Fig. 224) und besonders beim Auftauchen des unteren Centralkerns (Fig. 226) ein grosser Teil der Bestandteile des medialen und lateralen Feldes der Formatio reticularis. Aufwärts von den genannten Kernen sind nur noch die kompakteren hinteren Bündel jener Säulen des medialen Feldes, also vorwiegend Abkömmlinge des Vorderstranggrundbündels, und daneben einige markhaltige Elemente des lateralen Feldes zu verfolgen. Man muss daraus schliessen, dass ein erheblicher Anteil der aus den

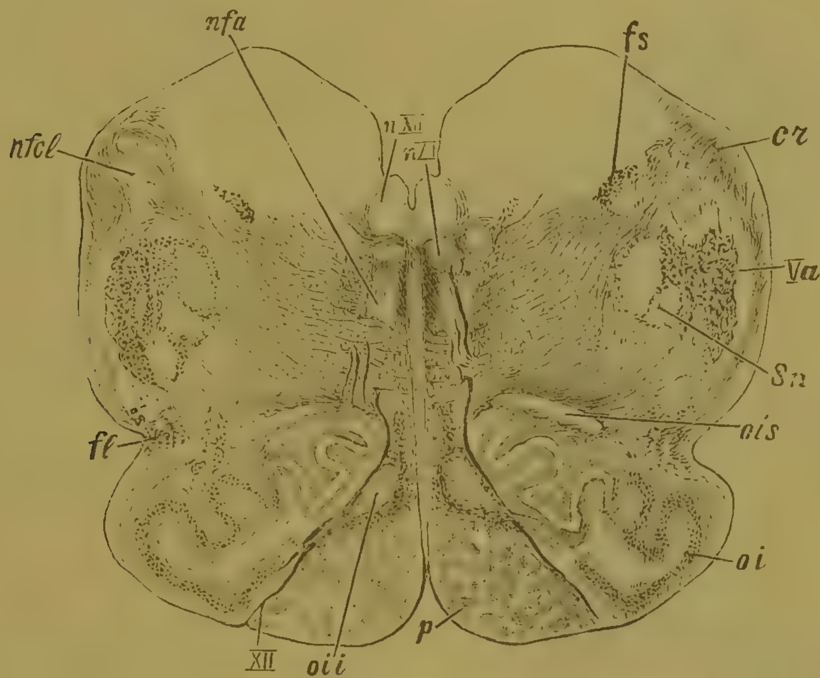



Fig. 225.

**Querschnitt durch die Medulla oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven.** *fs* Fasciculus solitarius; *cr* Corpus restiforme; *Va* Radix ascendens Trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *ois* obere Nebenolive; *oi* untere oder grosse Olive; *p* Pyramide; *oii* mediale Nebenolive; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *fl* aberrierendes Bündel; *nfcl* lateraler Kern des Keilstranges; *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

Grundbündeln des Rückenmarkes stammenden Nervenfasern der Formatio reticularis zu dem Vorderstrangkern und zum unteren Centralkern in nahen Beziehungen stehe. Dies gilt, wie Durchschnitte oberhalb und unterhalb darthun, vorwiegend von den centralen Bahnen des Seitenstrang-, zum Teil aber auch von denen des Vorderstranggrundbündels.

Andere Faserzüge des Seitenstranggrundbündels, und zwar die des lateralen Feldes der Formatio reticularis und der nächsten Umgebung der grossen Kolonnen des medialen Feldes, treten mit dem Nucl. centralis inferior nicht in Verkehr, sondern ziehen ununterbrochen weiter aufwärts. So ist es auch mit der Mehrzahl jener Vorderstranggrundbündelfasern, welche den hinteren Teilen der beschriebenen Kolonnen des medialen Feldes entsprechen (Fig. 226). Beide Bahnen verlaufen unter

Beibehaltung ihrer gegenseitigen Lage zu dem in der Brückenregion gelegenen Nucleus reticularis tegmenti (Fig. 227 *nrt*). Hier verschwinden wiederum zahlreiche Fasern des medialen und lateralen Feldes, während aufwärts vom Nucl. reticularis vorwiegend die dorsalen beiderseits von der Raphe lagernden vorderen neben verhältnismässig wenigen seitlichen Grundbündelelementen weiterziehen. Auch der Nucleus reticularis steht somit in unmittelbaren Beziehungen zu Grundbündelfasern der Formatio reticularis

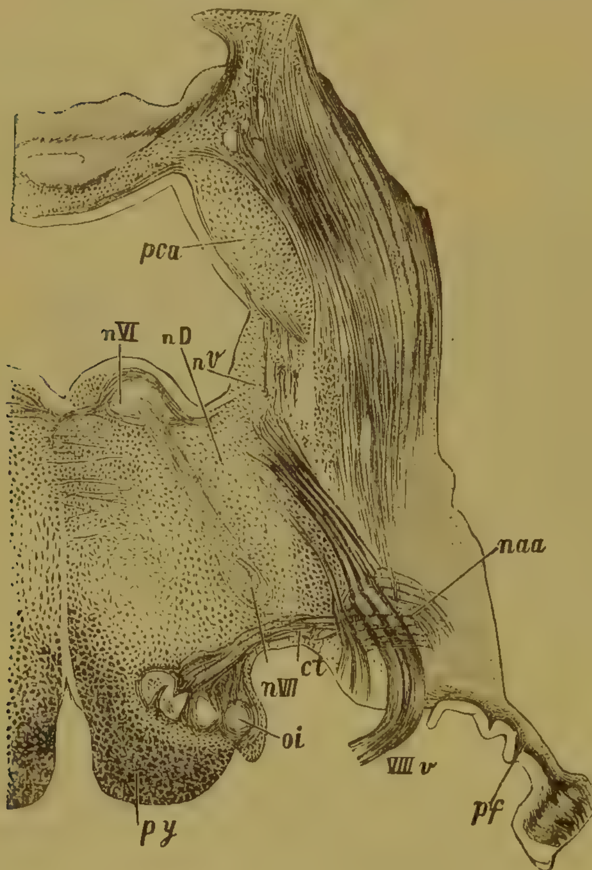



Fig. 226.

Durchschnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *Weigert*sche Behandlung. *pca* vorderer Kleinhirnschenkel; *nv* Nucleus vestibularis; *nD* *Deiters*scher Kern; *nVI* Nucleus nervi abducentis; *naa* Nucleus acustici anterior; *pf* Pedunculus flocculi; *VIIIv* vestibulare Wurzel des Acusticus; *ct* Trapezkern; *nVII* Nucleus nervi facialis; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis.

Von dem Rest der Grundbündelelemente der Formatio reticularis tritt ein Teil nach geschehener Kreuzung mit dem Nucleus medianus (Fig. 228) in Verbindung; die dorsalsten Fasern des medialen Feldes, im wesentlichen aus der inneren Zone des Vorderstranggrundbündels sich herleitend, verlaufen als hinteres Längsbündel (Fig. 227 *flp*) aufwärts zu der Gegend der Kerne des Oculomotorius und der hinteren Kommissur (Fig. 229 und 230 *ncp*); die aus der anteromedialen Abteilung des Vorderstranggrundbündels stammenden Faserzüge gehen unter dem vorderen Vierhügel in die fontainenartige Kreuzung *Meynerts* über (s. unten). Die centrale Fortsetzung der hinteren unmittelbar an die Pyramidenbahn angrenzenden Zone des Seitenstranggrundbündels erzeugt in der Oblongata das sogen. aberrierende Bündel und senkt sich in die ventrale Kreuzung *Forels* ein (s. unten). Einige Fasern der Formatio reticularis endlich werden im oberen Centralkern unterbrochen.

Wie die Grundbündel im Rückenmarke an motorische Vorderhornzellen Kollateralen abgeben, so entsenden die centralen Bahnen der seitlichen Grundbündel in der Formatio reticularis Kollateraläste zu den motorischen Kernen des V., VII., IX. und XI. Gehirnnerven,

die der Vorderstrangbündel durch das hintere Längsbündel solche zu den Kernen des Hypoglossus und der Augenmuskelnerven.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die soeben namhaft gemachten Systeme der Formatio reticularis ganz oder doch zu einem guten Teil ab-

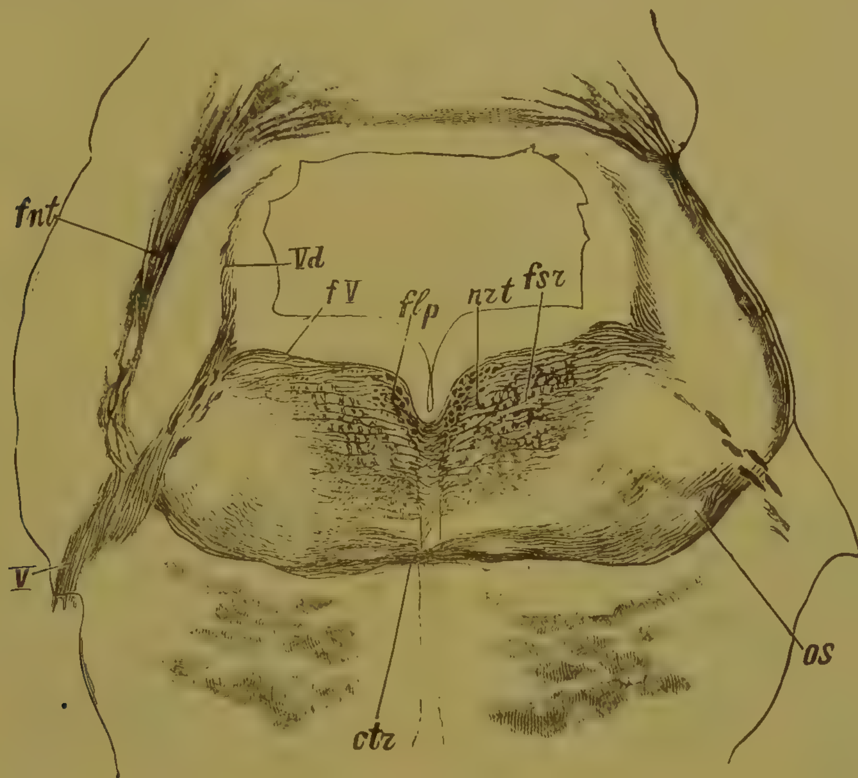



Fig. 227.

Durchschnitt im unteren Teil der Brücke von einem 6—7 Monate alten menschlichen Embryo. Man erkennt, wie markhaltige Fasern der Formatio reticularis *(fsr)* dem Nucleus reticularis *(nrt)* zustreben; *os* obere Olive; *ctr* Trapezkörper; *V* Nerv. trigeminus; *fnt* Faserzug aus der oberen Olive zum Dachkern des Cerebellum; *Vd* absteigende Quintuswurzel; *flp* hinteres Längsbündel.

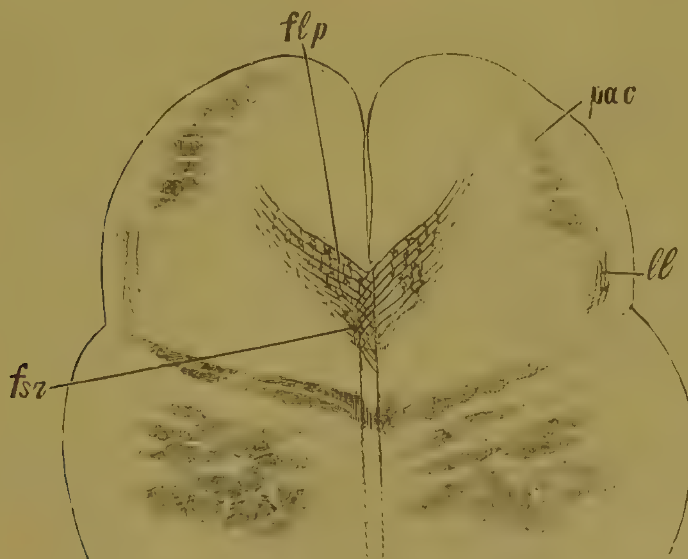



Fig. 228.

Schnitt hinter dem Corpus bigeminum posterius von einem 6—7 monatigen menschlichen Foetus. Behandlung nach *Weigert*. *flp* hinteres Längsbündel; *fsr* markhaltige Fasern der Formatio reticularis, in den Nucl. medianus eintretend; *ll* laterale Schleife; *pac* mittlerer Kleinhirnschenkel.

steigender Art sind. Dies ist wenigstens aus dem Umstand ersichtlich, dass in denselben nach Rückenmarksdurchschneidung, wenn überhaupt, so ungemein spärliche degenerierte Fasern durch das Verfahren von *Marchi* zu ermitteln sind, während nach Läsionen im Bereiche des Hirnstammes um so umfangreichere Degenerationen hier zur Beobachtung gelangen.

Das hintere Längsbündel führt neben den erwähnten centralen Bahnen des Vorderstranggrundbündels eine Anzahl Associationsfasern, welche die Kerne des Abducens, Trochlearis und Oculomotorius und vielleicht noch anderer Hirnnerven untereinander verknüpfen (s. unten). In dem unteren Abschnitt desselben steigen ausserdem Elemente des Corpus restiforme zum Rückenmark abwärts.

Nach Ansicht von *Meynert* soll das hintere Längsbündel in kontinuierlicher Bahn die Rinde des Endhirns erreichen. Dahingegen vermag man sich an Hirnen junger Embryonen, bei welchen in der Gegend des vorderen Vierhügels nur die hintere Kommissur und das hintere Längsbündel markscheidenhaltig gefunden werden, mit Sicherheit zu überzeugen, dass letzteres, soweit es sich um Grundbündelfasern handelt, nicht ununterbrochen zur Rinde verläuft, sondern teils in den Kern des ventralen Abschnittes der hinteren Kommissur ein-




Fig. 229.
Teil eines Durchschnittes im Niveau des roten Kerns dicht vor dem Hauptkern des Oculomotorius. Vom Neugeborenen. *nr* roter Kern; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *na'* antero-medialer accessorischer Kern des Oculomotorius; *fls* Ende des hinteren Längsbündels.

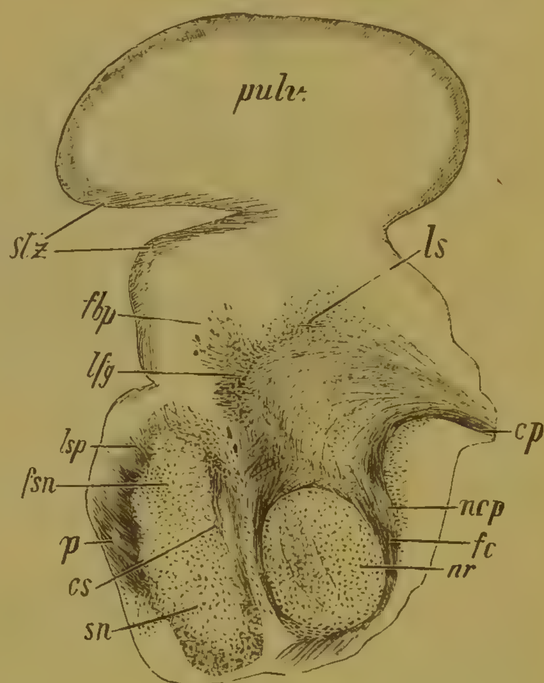



Fig. 230.
Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Brachium posterius; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus.

tritt, teils in den Kernen des Oculomotorius, insbesondere im Hauptkern und vielleicht auch in dem medialen Kern desselben endigt. Ob ein Übergang von hinteren Längsbündelfasern in die accessorischen Kerne des N. oculomotorius vorkommt, erscheint mir noch nicht spruchreif. Der Rest des hinteren Längsbündels, der in den Kernen dieses Nerven nicht zur Endigung kommt, beginnt in der vorderen Gegend des Hauptkerns längs dem Rande der centralen grauen Substanz nach und nach dorsolateralwärts hinauszurücken und senkt sich schliesslich in den vorhin erwähnten ventralen Kern der hinteren Kommissur ein.*) Ein Teil des Fascic. longitud. posterior liegt somit




Fig. 231.
Aus einem Durchschnitt zwischen Kleinhirn und hinterem Vierhügel eines menschlichen Embryo von 44 cm Länge. Behandlung nach *Weigert*. *fd* dorsales, *fm* mittleres, *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *flp* hinteres Längsbündel; *ffm* dorsale Faserzüge der Formatio reticularis, im medialen Kern endigend; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *lm* Hauptschleife; *os* obere Olive; *ll* laterale Schleife; *V* Wurzelfasern des Trigeminus; *sf* Substantia ferruginea.

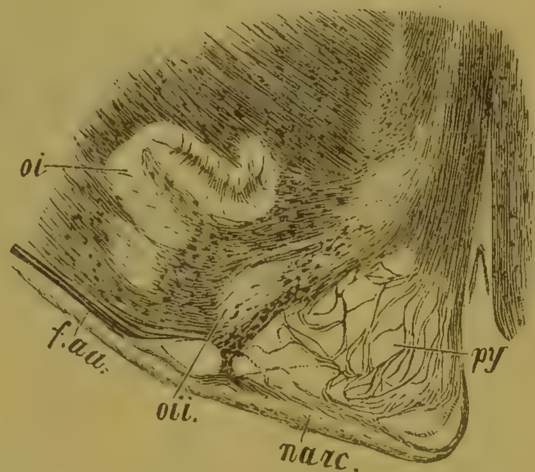



Fig. 232.
Aus einem Durchschnitt eines menschlichen Gehirns mit sekundär degenerierter Pyramide. *py* degenerierte Pyramide; *oi* untere Olive; *oii.* mediale Nebenolive; *f.aa* äussere Bogenfasern; *narc.* Nucleus arciformis.

in unmittelbarer Fortsetzung des ventralen Abschnittes der hinteren Kommissur, ein anderer steht in nahen Beziehungen zu den Kernen des Oculomotorius. Übrigens ist die Möglichkeit des Vorhandenseins noch anderer Elemente in dem hinteren Längsbündel nicht ausgeschlossen, über deren Beziehungen zur Hirnrinde nur die Methode der frischen Degenerationen bezw. die Behandlung der Schnitte nach *Marchi* näheren Aufschluss gewähren könnte.

Auf sagittalen Durchschnitten tritt das Verhalten des Längsbündels

*) Beim Maulwurf ist dieser Kern ebenfalls vorhanden und nimmt das hier ausserordentlich unbedeutende hintere Längsbündel auf. Der ventrale Abschnitt der hinteren Kommissur ist bei dem genannten Geschöpf relativ sehr stark entwickelt (s. oben).

zu den Oculomotoriuskernen mit ungemeiner Anschaulichkeit zu Tage. Von der oberen Gegend dieser Kerne nehmen die Fasern desselben rapid an Zahl zu und man vermag unmittelbar zu beobachten, wie sie aus dem hinteren Längsbündel in die Kerne umbiegen und in den daselbst vorhandenen Faserfilz eintauchen (Fig. 233). Doch sind diese Verhältnisse auch an der Hand der Degenerationsmethode leicht zu verfolgen, wie in einem von *Jakowenko* untersuchten Fall, wo die Degeneration des Längsbündels hart an den genannten Kernen Halt

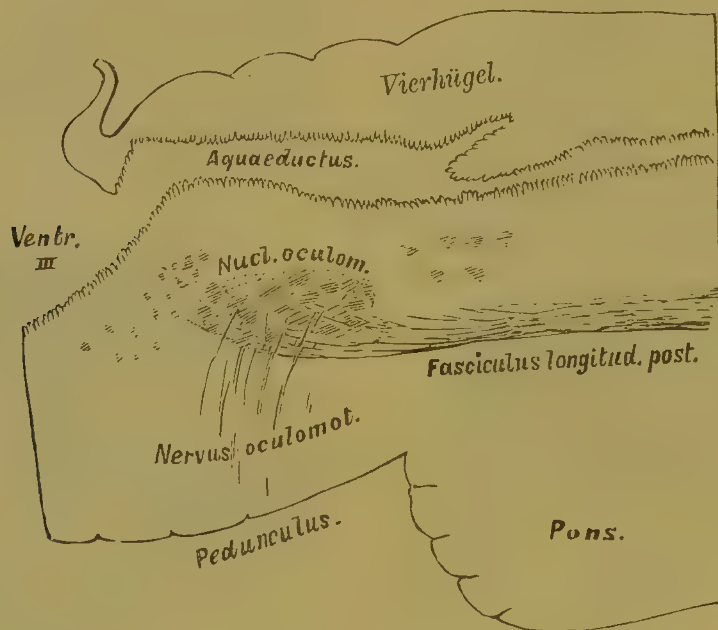



Fig. 233.
Endigung des hinteren Längsbündels im Oculomotoriuskern. Nach *Edinger.*

machte. Einen wesentlichen Anteil an der Bildung des Bündels nehmen kurze mit den Augenmuskelnerven in Verbindung stehende Elemente. Auch darf nicht unerwähnt bleiben, dass *Golgi*schen Präparaten zufolge die Fasern des hinteren Längsbündels zu einem guten Teil aus Neuriten des Kerns der hinteren Kommissur und aus solchen der Oculomotoriuskerne sich entwickeln, zum Teil aber aufsteigende Bahnen darstellen, die ihre Kollateralen an die Kerne des Abducens, Trochlearis und Oculomotorius abgeben und ihre Endäste zu dem Kern der hinteren Kommissur, sowie (*Ramón y Cajal*) zum Thalamus vordringen lassen.*)

*) In dem hinteren Längsbündel unterscheidet *Ramón y Cajal* 1. Fasern aus dem *Deiters*schen Kern. Medianwärts verlaufend vereinigen sie sich in der Raphe und zerfallen nach Erreichung des Längsbündels in je einen stärkeren aufsteigenden und einen schwächeren absteigenden Ast, biegen aber zuweilen auch ohne vorhergehende Teilung aufwärts um; zahlreiche Kollateralen gehen von ihnen den Kernen der Augenmuskelnerven zu. 2. Fasern aus dem Nervus trigeminus. Sie entspringen als starke Achsencylinder aus Zellen der hinteren Abschnitte der Substantia

Im Anschluss an das hintere Längsbündel beschreibe ich nunmehr das tiefe Mark des vorderen Vierhügels (Fig. 234). Die Fasern desselben entwickeln sich aus Neuriten des Vierhügelgraus, welche strahlenförmig nach innen zur grauen Substanz des Aquaeductus Sylvii verlaufen, an dessen Seitenwand unter Abgabe von Kollateralen an das centrale Grau herabsteigen und an dem Hauptkern dieses Nerven aussen vorbeiziehend die Gegend zwischen den roten Hauben-

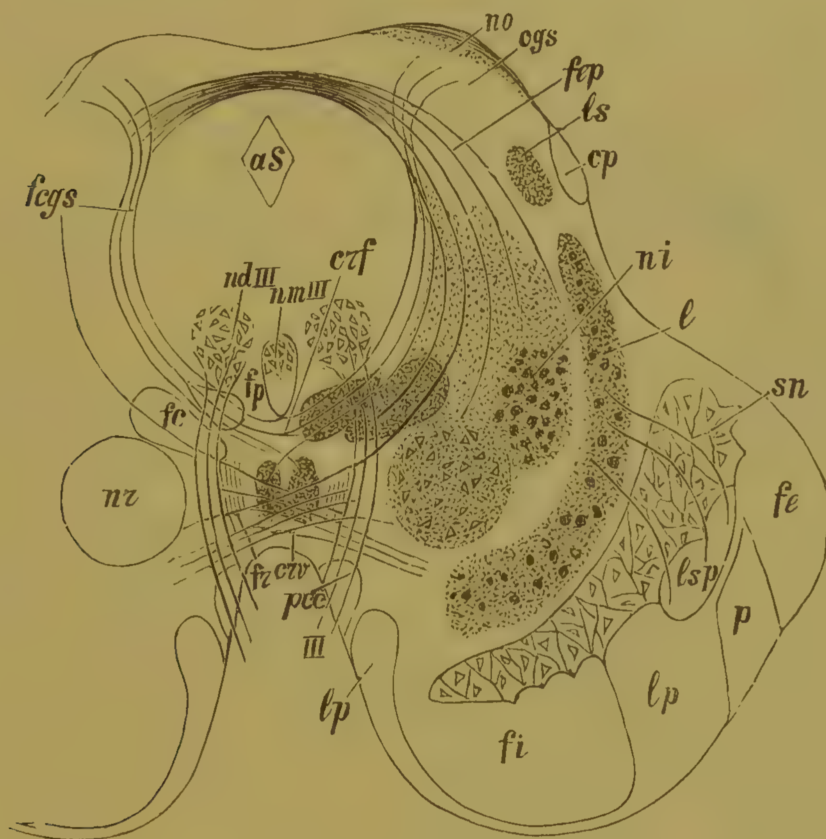



Fig. 234.

**Faserverlauf in der Gegend des vorderen Vierhügels. Schematisch dargestellt.** *no* Tractus opticus; *cgs* oberer Vierhügel; *fcp* Faserzüge der hinteren Kommissur; *ls* Faserbündel aus dem hinteren Vierhügelganglion zum Sehhügel; *cp* Corpus parabigeminum; *ni* Nucleus innominatus; *l* Schleifenschicht; *sn* Substantia nigra; *fe* äusseres Bündel des Hirnschenkelfusses; *p* Pyramidenbahn; *lp* accessorische Schleifenbahn; *lsp* zerstreute Schleifenbündel, in den Hirnschenkel eintretend; *fi* inneres Bündel des Hirnschenkels; *III* Nervus oculomotorius; *pcc* Pedunculus corporis mamillaris; *crv* ventrale Haubenkreuzung; *fr* Fasciculus retroflexus; *nr* Nucleus ruber; *fc* centrale Haubenbahn; *fp* hinteres Längsbündel; *ndIII* hinterer Kern des Oculomotorius; *nmIII* medialer Kern des Oculomotorius; *crf* fontänenartige Kreuzung; *fcgs* Fasern des tiefen Markes des vorderen Vierhügels, in die fontänenartige Kreuzung übergehend; *aS* Aquaeductus Sylvii.

---

gelatinosa trigemini, steigen, medianwärts umbiegend, zwischen den Hypoglossuskernen und der Subst. reticularis grisea empor, senden zu jenen Kernen je einige Kollateralen und zerfallen nach geschehener Kreuzung schliesslich im Gebiete des hinteren Längsbündels oder in dessen Nachbarschaft in auf- und absteigende Zweige. 3. Fasern aus der Formatio reticularis alba. Als Achsencylinder aus den grossen Nervenzellen hierselbst (Nucleus centralis inferior?) hervorgehend ziehen sie anfänglich nach hinten, sodann medianwärts umbiegend zur Raphe, wo sie kreuzen, und teilen sich im hinteren Längsbündel in auf- und absteigende Äste oder wenden sich unmittelbar zu absteigendem Verlauf.

kernen erreichen. Hier treten sie ventral von den hinteren Längsbündeln unter Bildung der sogen. fontänenartigen Kreuzung *Meynerts* auf die gegenüberliegende Seite, begeben sich im medialen Abschnitt der Formatio reticularis weiter abwärts*) und gehen späterhin in Gesellschaft des hinteren Längsbündels in das Grundbündel des Vorderstranges über.**) In Übereinstimmung mit diesen Verhältnissen stehen die neueren Ermittelungen von *Boyce****), denen zufolge die in

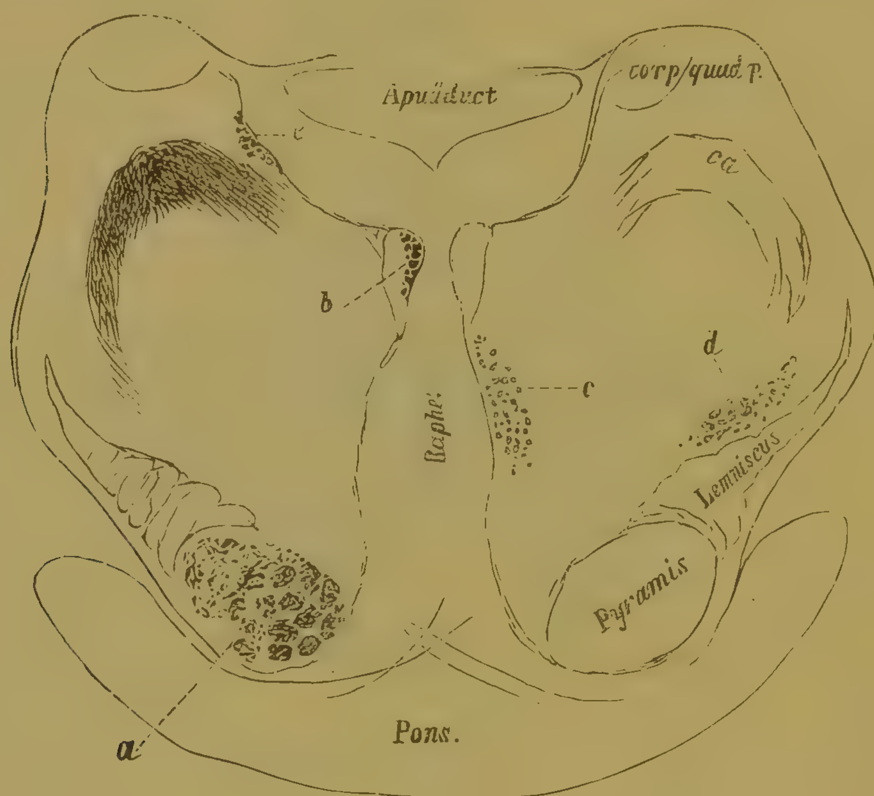



Fig. 235.
Durchschnitt der unteren Brückengegend nach Durchtrennung der linken Hälfte des Hirnstammes in der Vierhügelgegend (*Boyce*). *a* degenerierte Pyramide; *b* degenerierte Fasern im hinteren Längsbündel; *c* Faserzüge aus *Meynerts* fontänenartiger Kreuzung; *d* Fasern aus der ventralen Haubenkreuzung von *Forel*; *e* Degeneration der absteigenden Trigeminuswurzel; *ca* vorderer Kleinhirnschenkel.

*) *Edinger* rechnet die betrachteten Fasern irrtümlich zur Schleife und erklärt sie für gekreuzte Schleifenbündel.

**) Der Verlauf dieser absteigenden Elemente ist beim Menschen und bei der Katze kein ganz übereinstimmender. Dort schliessen sie sich dem mittleren Teil des hinteren Längsbündels an und ziehen so abwärts; hier dagegen steigen sie als gesonderte Bündel beiderseits von der Mittellinie und ventral von den hinteren Längsbündeln herab und vereinigen sich mit letzteren erst in der oberen Brückenregion zu einem gemeinsamen System (*Held*, Archiv f. Anatomie u. Physiologie, Anat. Abt. 1893, S. 239). *Boyce* beobachtete bei Gelegenheit seiner Versuche absteigende Degeneration der in Rede stehenden Bahnen durch den ganzen Hirnstamm bis zu den Vordersträngen des Rückenmarkes.

***) Neurologisches Centralbl. 1894, No. 13.

Rede stehenden sekundär absteigend degenerierenden Elemente nach geschehener Kreuzung in der Raphe als scharf abgegrenztes Bündel dicht vor dem hinteren Längsbündel abwärts verlaufen (Fig. 235) und im inneren Teil des Vorderstranges bis in das Brustmark hinab verfolgt werden können (Fig. 236 *c*). Unterwegs senden sie Kollateraläste zu dem roten Haubenkern, zum Ganglion mediale mesencephali und zur Substantia reticularis. Von einem Teil derselben endlich werden Kollateralen zu den Kernen beider Oculomotorii und des kontralateralen Trochlearis und Abducens abgegeben (Fig. 237).*) Manchmal zeigen diese Elemente bei ihrem Durchtritt durch die roten Kerne Teilungen in schwache auf- und stärkere absteigende Äste (*Ramón y Cajal*), die ihrerseits den roten Kernen Kollateralen zugehen lassen.



Fig. 236.
Querschnitt durch das obere Ende des Halsmarkes. *a* degenerierte Pyramidenseitenstrangbahn; *c* degenerierte Vorderseitenstrangfasern aus der *Meynert*schen Kreuzung; *d* degenerierte Seitenstrangfasern aus der *Forel*schen Kreuzung. Nach *Boyce*.

Ein anderes Fasersystem verbindet nach der Beschreibung *Held*s den vorderen Vierhügel mit den Kernen der Augenmuskelnerven und dient als optico-acustische Reflexbahn zur Bewegung der Augäpfel. Wie das vorhin beschriebene entwickelt es sich aus Neuriten von Zellen des vorderen Vierhügels, jedoch verlaufen seine Elemente nicht wie dort dicht an der centralen grauen Substanz, sondern etwas nach aussen davon, und kreuzen sich demgemäss an der ventralen Seite der fontänenartigen Kreuzung. Schliesslich erheben sie sich in Gesellschaft der Wurzeln des Nervus oculomotorius zu dessen Kernen, um sich hier in freie Endbäumchen aufzulösen.

Die genannten Systeme schliessen sich (*Held*) einerseits an die centrale Gehörleitung an, indem Faserzüge dieser letzteren sich im vorderen Vierhügel um Ursprungszellen der ersteren frei verästeln. Andererseits gelangen zu diesen Zellen freie Endramifikationen von Elementen der oberflächlichen Schicht des vorderen Vierhügels, die zu den Sehfasern des Tractus opticus nahe Beziehungen besitzen. So werden Reflexe vom Acusticus und Opticus auf die Bahnen der Augenmuskelnerven übertragen (*Held*). Da aber jene Systeme distalwärts zum Rückenmark hinabsteigen (und zwar längs der ventralen Seite des entgegen-

*) Gut ausgeprägt erscheint die fontänenartige Kreuzung, wie schon erwähnt, auch bei dem Maulwurf, wo Nervus und Tractus opticus in rudimentärer Anlage bestehen.

gesetzten hinteren Längsbündels), so setzt das Auftreten reflektorischer Kopfbewegungen infolge optischer oder akustischer Reize der Erklärung keine Schwierigkeiten in den Weg. Nach Beschädigungen des vorderen Vierhügels beobachtete *Held* beim Kaninchen andauernde seitliche Ablenkung des Kopfes und bei der näheren Untersuchung erwies sich die optico-acustische Reflexbahn bis in das Rückenmark hinein degeneriert. Es muss übrigens bemerkt werden, dass die

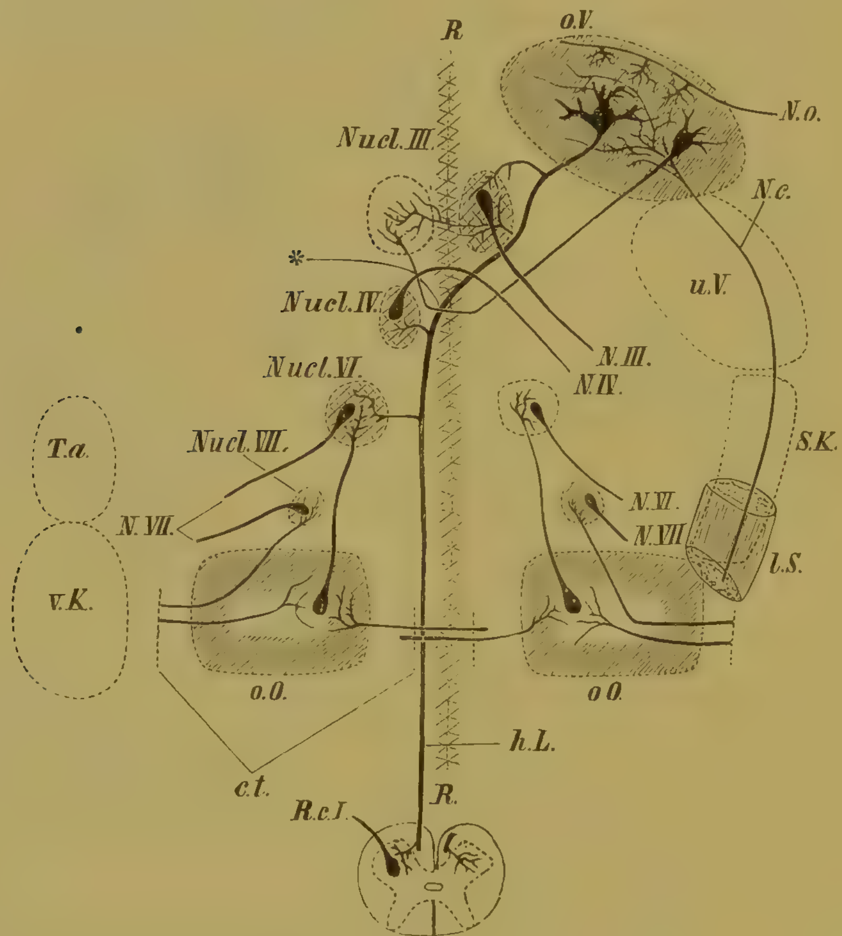



Fig. 237.

Schema der centralen Gehörleitung. Reflektorische Bahnen. *No* Nervus opticus; *hL* hinteres Längsbündel; *RcI* Nervus cervicalis I. * Stelle der fontänenartigen Haubenkreuzung. Die übrigen Bezeichnungen sind ohne weiteres aus der Skizze ersichtlich. Nach *Held.*

centralen Gehörbahnen noch andere reflektorischen Zwecken dienende Verbindungen besitzen. Dazu gehört beispielsweise die im früheren besprochene Verbindung zwischen oberer Olive und Abducenskern, sodann Kollateralen des Trapezkörpers zum gleichseitigen Facialiskern und zur Formatio reticularis mit ihren Reflexcentren für Atmung, Blutcirkulation etc.

Die Bahnen des vorderen Vierhügels zum Hirnstamm und Rückenmark verlaufen also in dem tiefen Mark dieses Ganglions; in dem oberflächlichen Mark breiten sich Opticusfasern aus; in dem mittleren vorwiegend Vierhügelfasern zu den hinteren Hemisphärenteilen.

Was die centralen Bahnen des hintersten Abschnittes des Seitenstranggrundbündels betrifft, welche als aberrierendes Bündel dem Rande des verlängerten Markes anliegen, so sind sie an fötalen Gehirnen mit Leichtigkeit zur Gegend des Trapezkerns und der Oberoliven zu verfolgen (Fig. 238 *fl*). Aufwärts schliessen sich dann Faserzüge an, welche anfänglich mit der lateralen Schleife verlaufen (Fig. 235 *d*), in der hinteren Vierhügelgegend aber dicht einwärts von derselben in dem ventrolateralen Abschnitt der Haube liegen. Noch höher oben erzeugen sie die ventrale Haubenkreuzung von *Forel* (Fig. 234 *crv*) und gehen hierauf teils zur seitlichen Thalamusgegend, teils zum roten

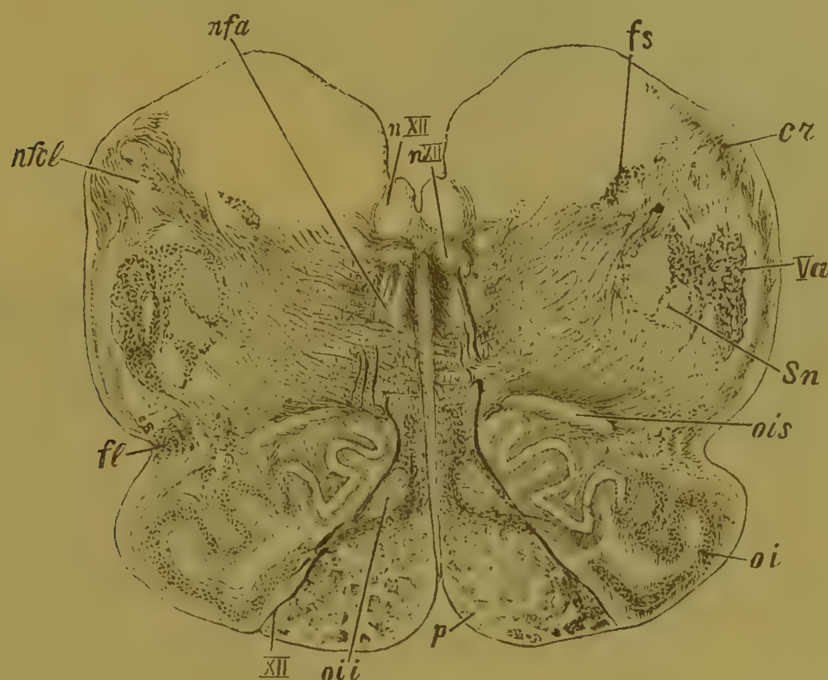



Fig. 238.

Querschnitt durch die Oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven. *fs* Fasciculus solitarius; *cr* Corpus restiforme; *Va* Radix ascendens Trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *ois* obere Nebenolive; *oi* untere oder grosse Olive; *p* Pyramide; *oii* mediale Nebenolive; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *fl* aberrierendes Bündel der Oblongata; *nfcl* lateraler Kern des Keilstranges; *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

Kern, welch letzterer von hinten her den vorderen Kleinhirnschenkel aufnimmt (s. unten) und sich seinerseits ebenfalls mit dem äusseren Kern des Sehhügels (Fig. 258 *fnr*) verbindet.

Die in Rede stehende Bahn degeneriert, wie neuerliche schon erwähnte Untersuchungen von *Boyce* gezeigt haben, nach unilateraler Durchtrennung des Hirnschenkels, sowie nach Entfernung einer Hirnhemisphäre in ihrer gesamten Ausdehnung bis hinab zum Lendenteil des Rückenmarkes (Fig. 235 und 236), ein Verhalten, welches mit meinen eigenen Ausführungen in der ersten Auflage dieses Buches, sowie mit den bezüglichen Angaben anderer Forscher (*Edinger*, *Held*) gut übereinstimmt (Fig. 239—244). Der zweifellos als abstei-

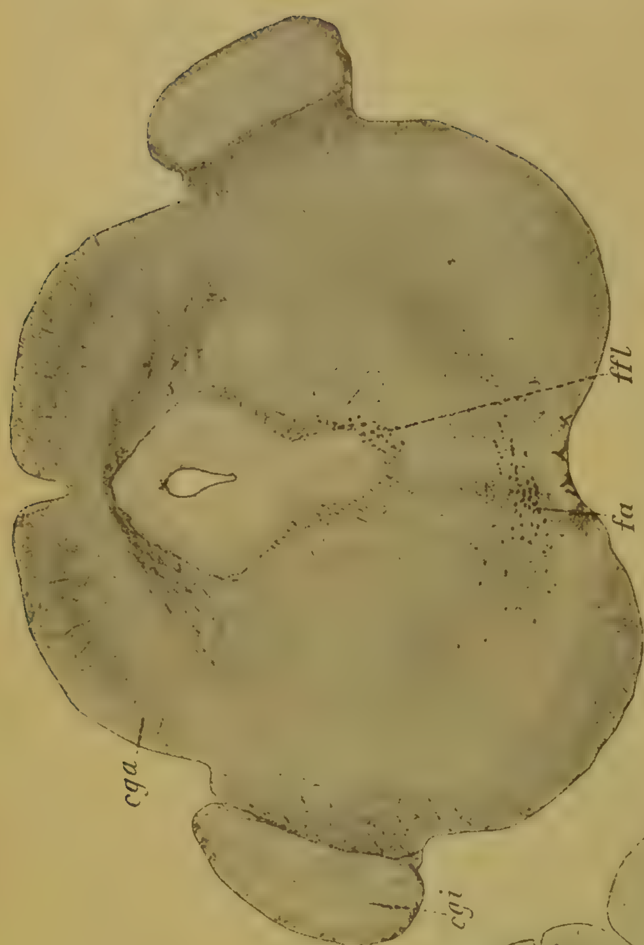



Fig. 240.

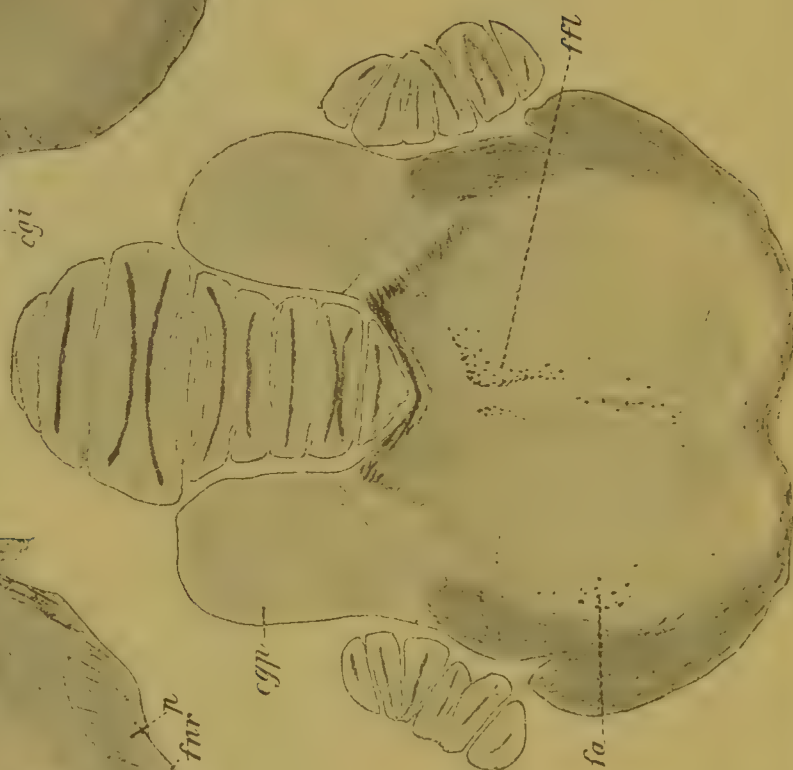



Fig. 241.




Fig. 239.




Fig. 242.

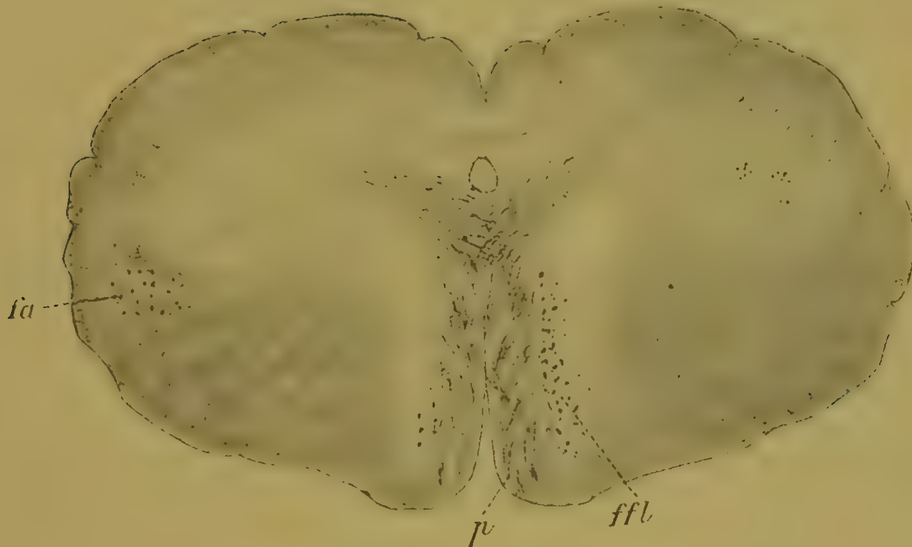



Fig. 243.

Fig. 239—243. Durchschnitte von dem Gehirn und Rückenmark des Hundes. Nach Präparaten von *Titoff*. *Marchi*-Methode. *tr* Ort der Beschädigung; *cmm* Corpus mamillare; *p* Pedunculus; *gh* Ganglion habenulae; *fnr* Faserung zum roten Haubenkern; *cga* vorderer, *cgp* hinterer Vierhügel; *cgi* innerer Kniehöcker; *fa* aberrierendes Bündel jenseits der *Forel*schen Kreuzung, entartet; *ffl* Degeneration des hinteren Längsbündels infolge Beschädigung desselben in der Gegend der Oculomotoriuskerne (in Fig. 243 geht das Längsbündel in den Vorderstrang des Markes über).

gendes System aufzufassende Faserzug geht nach *Boyce* hinter dem Chiasma aus dem seitlichen Abschnitt des Thalamus opticus hervor. *Sakowitsch* (mein Laboratorium) sah ihn nach völlig isolierten Thalamusläsionen in ganzer Länge absteigend degenerieren.

Erwähnung bedarf noch das Verhalten der centralen Fortsetzung des Vorderstranggrundbündels zum *Deiters*schen Kern (Fig. 245 *nD*).

*v. Monakow* eruierte nach nahezu halbseitiger Durchschneidung des Halsmarkes einschliesslich des Vorderstranges und des *Goll*schen

Bündels bei einem jungen Kaninchen nach einiger Zeit Atrophie des *Deiters*schen Kerns, woraus der Schluss gerechtfertigt erschien, dass letzterer zum Rückenmark nahe Beziehungen besitze. Die anfängliche Vermutung *v. Monakows*, der *Deiters*sche Kern stehe in Verbindung mit dem in seinem Fall gleichfalls atrophisch befundenen Nucleus funiculi cuneati, hat sich in der Folge nicht bewahrheitet, indem Experimente von *Vejas* in *Forels* Laboratorium den Nachweis erbrachten, dass direkte Zerstörung der Hinterstrangkerne bei jungen Tieren keine Atrophie von Zellen des *Deiters*schen Kerns im Gefolge hat. Man könnte sonach nur noch an eine Verbindung des *Deiters*schen Kerns mit den Seitensträngen, insbesondere mit dessen Grundbündelelementen, denken, eine Vermutung, welche durch die Untersuchung der Markscheidenentwickelung thatsächlich zur Gewissheit wird. Schon bei Embryonen von etwa 28 cm Länge lassen sich mit aller Bestimmtheit markhaltige Faserzüge aus dem *Deiters*schen Kerne in die Formatio reticularis hinein verfolgen. Sie gehen schräg nach vorne und innen, wenden sich entsprechend der Mitte des lateralen Feldes der Formatio reticularis nach und nach kaudalwärts und sind eine Strecke weit der centralen Haubenbahn (s. unten) benachbart. Mit letzterer rücken sie immer mehr lateralwärts hinaus, gelangen in den vorderen Teil des äusseren Feldes der Formatio reticularis, biegen sodann um die entsprechende untere Olive und steigen schliesslich in continuirlichem Zuge zum Seitenstranggrundbündel hinab.*) Nähere Aufschlüsse über das Verhalten des in Rede stehenden Fasersystems gewähren Untersuchungen mit der *Golgi*schen Methode. Aus dem *Deiters*schen Kern (Nucl. vestibularis) (?) entspringende Neuriten kreuzen (*Ramón y Cajal*) das Knie des Facialis und verlaufen sodann ein- und vorwärts von dem Abducens weiter. Die Mehrzahl steigt umbiegend zum Rückenmarke abwärts, ein Teil zerfällt in auf- und absteigende Äste, zuweilen nach vorhergehender Abgabe von Kollateralen, die zur Raphe hinziehen und




Fig. 244.
Degeneration im Rückenmark nach Abtragung der linken Grosshirnhemisphäre. Linke Seite. Pyramidenbahn unversehrt. *d* degenerierte Seitenstrangfasern, nach ihrer Kreuzung durchschnitten; *b* degenerierte Faserzüge aus dem hinteren Längsbündel.

---

*) *Bruce* (Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 1891 und *Edingers* Bericht pro 1891) beschreibt einen Faserzug von der unteren Olive zum *Deiters*schen Kern, welcher jene mit diesem in Verbindung setzen soll. Derselbe scheint mit den soeben beschriebenen Bahnen des Grundbündels zum *Deiters*schen Kern identisch zu sein.

vielleicht auf die andere Seite gelangen. Manchmal geht aus der Teilungsstelle eine Kollaterale hervor und verliert sich zwischen Zellen in der Formatio reticularis. Die absteigenden Fasern bilden nach *Ramón* eine laterale Bahn. Die schon genannte mediale Bahn wird von Neuriten anderer Elemente des *Deiters*schen Kerns dargestellt, welche einwärts ziehend das Facialisknie vorne umgehen, dann den Abducenskern durchsetzen oder hinter ihm verlaufen, um schliesslich unter Spaltung in auf- und absteigende Äste in das hintere Längsbündel einzutreten. Eine Anzahl der Fasern wird, ohne Teilungen einzugehen, aufsteigend, doch gehen von der Umbiegungsstelle hin und wieder Kollateralen zu dem Abducenskern.

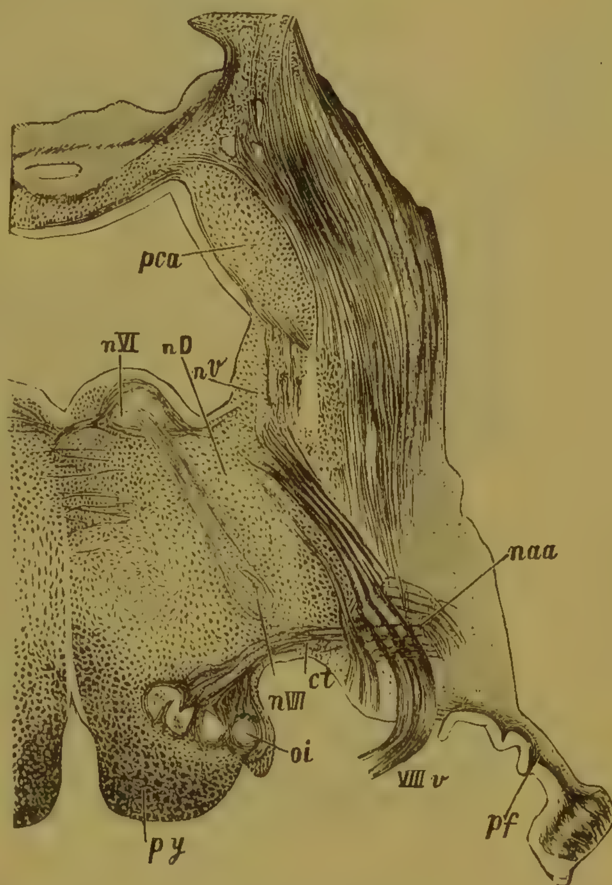



Fig. 245.

Durchschnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *Weigert*sche Behandlung. *pca* vorderer Kleinhirnschenkel; *nv* Nucleus vestibularis; *nD* *Deiters*scher Kern; *nVI* Nucleus nervi abducentis; *naa* Nucleus acustici anterior; *pf* Pedunculus flocculi; *VIIIv* vestibulare Wurzel des Acusticus; *ct* Trapezkern; *nVII* Nucleus nervi facialis; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis.

Das mediale Seitenstrangbündel, dessen Ummarkung etwas später, bei Embryonen von ca. 30—32 cm Länge, zum Abschluss gelangt, ist auf Serienschnitten solcher Embryonen zum lateralen Felde der Formatio reticularis zu verfolgen, wo es zwischen den Seitenstrangkernen und den Resten des Hinterhornes seine Lage hat (Fig. 246). Über seine letzten Endigungen steht bisher ebensowenig fest, wie bezüglich der centralen Bahnen der dem lateralen Rande des Vorderhornes angrenzenden Fasersysteme.

Was den Fasciculus antero-lateralis des Seitenstranges anbetrifft, so behält derselbe beim Übergang in das verlängerte Mark seine anfängliche Lage bei und zieht so längs dem Rande des vorderen-äusseren Abschnittes der Oblongata bis zum Niveau der Varolsbrücke. Weiter aufwärts lässt sich das Bündel mit Hilfe der Methode von *Marchi* ohne Schwierigkeiten bis in die Gegend des Trigeminus, ja des Trochlearis verfolgen, wo es in Form einer nach hinten gerichteten Schlinge seitlich von der lateralen Schleife verläuft, um über dem

vorderen Kleinhirnschenkel durch das Velum medullare anterius zum Kleinhirn und schliesslich zum Vermis inferior zu gelangen (Fig. 247—250 *al*).

Bezüglich des centralen Verlaufes der direkten Kleinhirnbahn und der Pyramidenbahnen im Gehirnstamm kann ich mich kurz fassen.

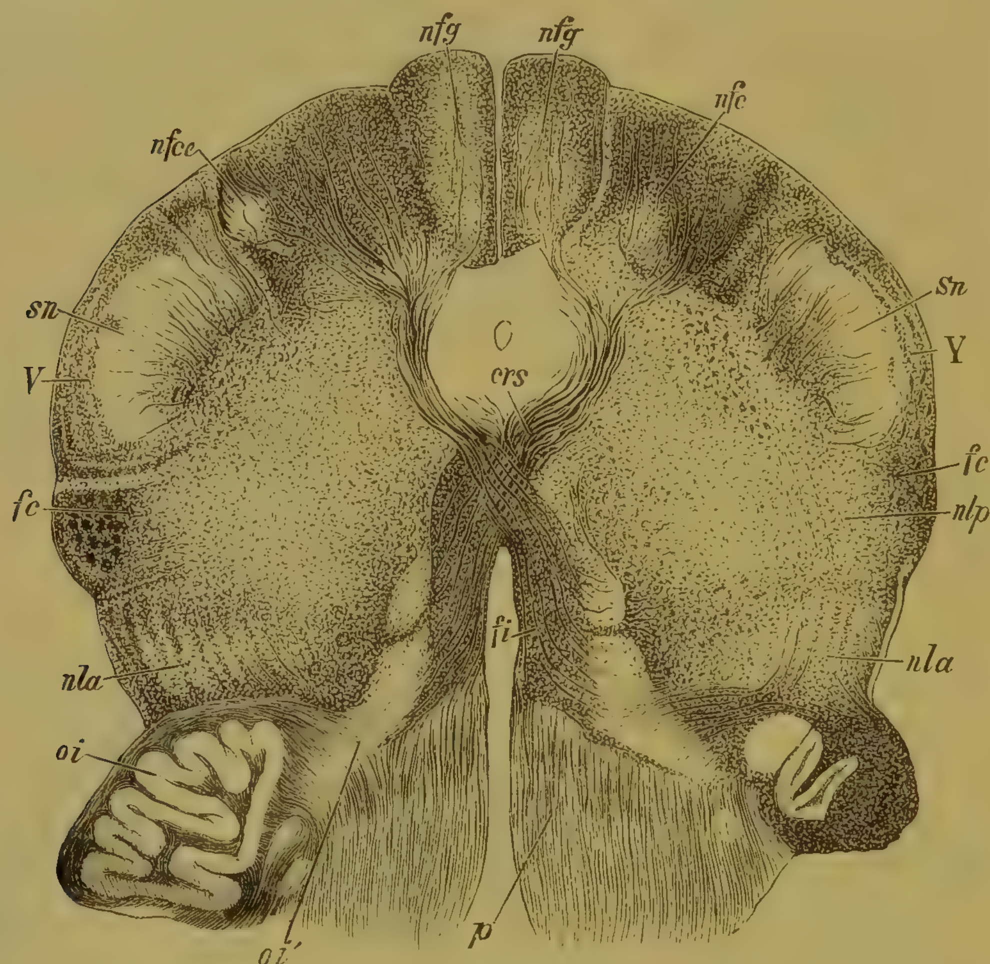



Fig. 246.
**Medulla oblongata in der Höhe der Schleifenkreuzung.** *p* Pyramide. *oi* untere Olive; *oi'* Nebenolive; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *V* Trigeminus; *Sn* Substantia gelatinosa; *nfce* Teil des lateralen Keilstrangkernes; *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *crs* hintere oder obere Kreuzung; *fi* Olivenzwischenschicht. Nach aussen von *crs* und *fi* findet sich die Substantia reticularis grisea.

Die Kleinhirnseitenstrangbahn nähert sich während des Überganges der Medulla spinalis in die Medulla oblongata mehr und mehr dem Winkel zwischen Hinterhorn und äusserer Markoberfläche. Beim Erscheinen des Strickkörpers gesellt sie sich längs der Peripherie der Oblongata zu diesem und erreicht mit ihm, allseitig von cerebello-olivaren Fasern umringt, schliesslich das Kleinhirn (Fig. 247—250 *fc*). Verlauf und Endigung hierselbst kommen späterhin genauer zur Darstellung.

Die Pyramidenbahnen endlich sammeln sich oberhalb der Decussatio pyramidum, wo ihre Fasern sich an der unteren Grenze




Fig. 247.




Fig. 248.




Fig. 249.

Fig. 247—250. Schnitte aus Rückenmark und Hirn vom Hunde nach totaler Durchtrennung des oberen Halsmarkes. Nach Präparaten von *M. Dobrotworski*. Schnittbehandlung nach *Marchi*. Fig. 247 stammt aus dem Halsmark; Fig. 248 aus der Gegend der Hypoglossuswurzeln; Fig. 249 aus der mittleren Brückenregion; Fig. 250 geht durch den Vermis inferior des Kleinhirns. *al* Fasciculus antero-lateralis; *fg Goll*scher Strang; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn sämtlich degeneriert; *v* Vermis inferior cerebelli.




Fig. 250.

Fig. 247—250. Schnitte aus Rückenmark und Hirn vom Hunde nach totaler Durchtrennung des oberen Halsmarkes. Nach Präparaten von *M. Dobrotworski.* Schnittbehandlung nach *Marchi.* Fig. 247 stammt aus dem Halsmark; Fig. 248 aus der Gegend der Hypoglossuswurzeln; Fig. 249 aus der mittleren Brückenregion; Fig. 250 geht durch den Vermis inferior des Kleinhirns. *al* Fasciculus antero-lateralis; *fg Goll*scher Strang; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn, sämtlich degeneriert; *v* Vermis inferior cerebelli.

des verlängerten Markes in der bekannten Weise in grossen Massen durchkreuzen (Fig. 79 und 80), im centralen Abschnitt der Medulla oblongata zu mächtigen, dicht gedrängten Bündeln, den Pyramiden (Fig. 238 *p*, Fig. 245 *py*). Oberhalb jener Hauptkreuzung bis hinauf zu der unteren Brückenregion findet eine partielle Nachkreuzung von Pyramidenfasern statt, die zum Seitenstrange des Markes hinabsteigen. Die ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn entspricht oberhalb der Kreuzung stets dem äussersten Winkel der Pyramiden. Medial von ihr hat die seitliche gekreuzte Pyramidenbahn als Hauptbestandteil der Pyramide ihre Lage. Proximalwärts verlaufen die Pyramidenbahnen bis zuletzt im Fusse des Gehirnstammes. In der Varolsbrücke erleiden sie eine Zerklüftung durch hier hindurchtretende Querfaserzüge (Fig. 251 und 252), sammeln sich aber beim Übertritt in den Hirnschenkelfuss wiederum zu einem zusammenhängenden, auf Querschnitten keilförmig erscheinenden Strang, welcher — von innen nach aussen

gerechnet — etwa dem zweiten Viertel der Basis pedunculi cerebri entspricht (Fig. 253 und 254). Noch weiter proximalwärts betritt die Pyramidenbahn das Gebiet der inneren Kapsel (Fig. 255—257) und nimmt etwa das mittlere Drittel bezw. das dritte Viertel ihres hinteren Schenkels für sich in Anspruch. Aus der inneren Kapsel begiebt sie sich schliesslich ohne Unterbrechung zur Hemisphärenrinde.*)

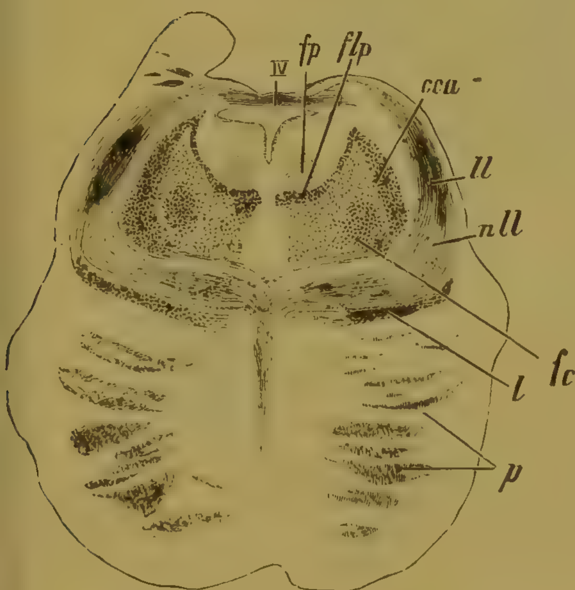



Fig. 251.

Von einem einige Wochen alten Kinde. Der Schnitt ist hinter den Vierhügeln hindurchgelegt. *IV* Trochleariswurzel, über dem Aquaedukt kreuzend; *fp* Gegend des hinteren Längsbündels von *Schütz*; *flp* hinteres Längsbündel; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fc* centrale Haubenbahn; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn.

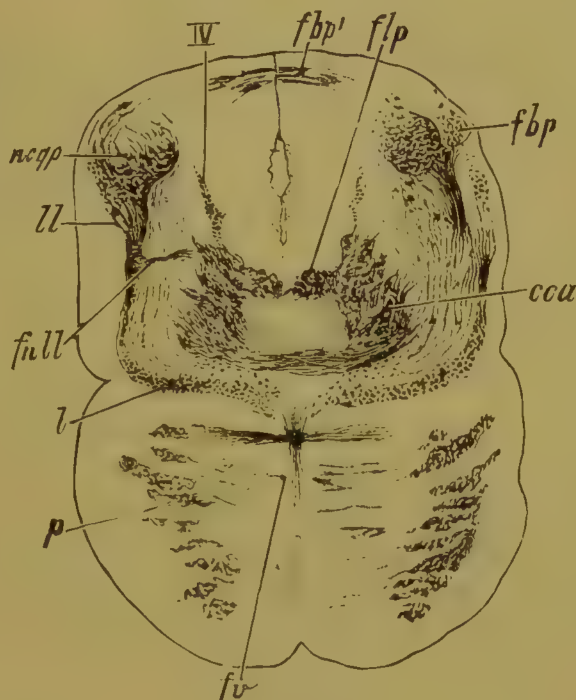



Fig. 252.

Durchschnitt in der Gegend des hinteren Vierhügels von dem Gehirn eines einige Wochen alten Kindes. Färbung nach *Weigert*. *IV* Wurzeln des Trochlearis; *ncqp* Kern des hinteren Vierhügels; *ll* laterale Schleife; *fnll* kreuzender Faserzug aus dem Kern der lateralen Schleife; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn; *fv* Fasciculus verticalis pontis; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *fbp* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum hinteren Brachium; *flp* hinteres Längsbündel; *fbp'* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum kontralateralen hinteren Brachium, über dem Aquaeductus Sylvii kreuzend.

Während ihres Durchtrittes durch die Varolsbrücke entwickeln die Pyramidenbahnen, wie von *Held* nachgewiesen und von *Korolkoff* in meinem Institute bestätigt wird, Kollateralen, die in einen dichten Faserfilz der Brücke eindringen, wo sie offenbar mit dort vorhandenen

---

*) Die relative Lagerung der Pyramidenbahn in den verschiedenen Gegenden der inneren Kapsel ist eine etwas verschiedene; zudem scheinen hier ziemlich beträchtliche individuelle Schwankungen vorzukommen, welche es z. T. bedingen mögen, dass die bezüglichen Angaben bei den einzelnen Autoren nicht ganz übereinstimmend lauten.

Nervenzellen in Verkehr gelangen. Ähnliche Kollateralen geben die Pyramidenfasern zur Substantia nigra ab. In anderen Gegenden des Hirnstammes sind Kollateralen von Pyramidenfasern nirgends nachweisbar.*)

In der unteren Brückengegend lösen sich von der Pyramidenbahn einige kleinere Faserzüge zur Haube ab (Fig. 278). Ein Teil derselben

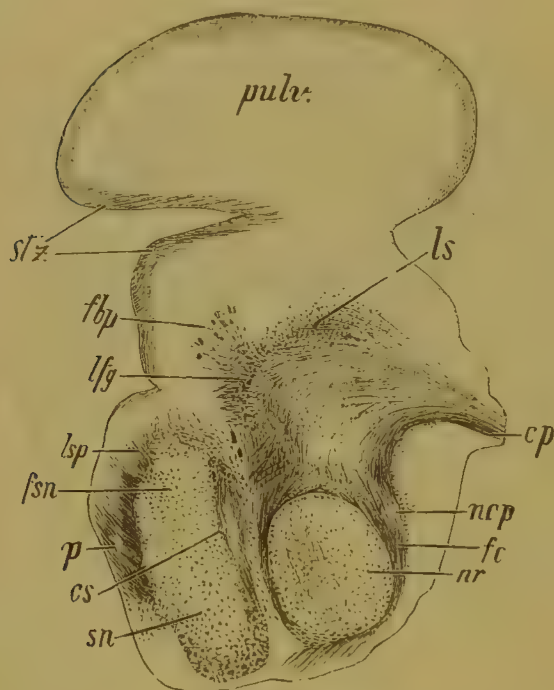



Fig. 253.

Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Brachium posterius; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus.




Fig. 254.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbahn, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* vorderer Kleinhirnarm; *nIII* Kern des Oculomotorius; *fc* centrale Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleife ist die Lage des Nucl. innominatus.

geht schräg nach oben-innen zur Raphe, wo er sich mit den entsprechenden Fasern der anderen Seite kreuzt. Ein anderer strebt auf- und etwas lateralwärts, zieht schräg durch die Schleifenschicht und verliert sich entsprechend dem Niveau des Facialiskerns in der Umgebung der oberen Olive. Die in Rede stehenden Bündelchen sind unlängst mit Hilfe der Markscheidenuntersuchung durch *A. Lazurski* in meinem

*) *Ramón y Cajal* beschreibt bei der Maus Pyramidenkollateralen zu Zellen der unteren Olive.

Laboratorium an kindlichen Hirnen aufgefunden worden. Über Degeneration der medialen zur Raphe ziehenden Fasern derselben nach Zerstörung des Rindencentrums für den Facialis berichtet *Muratoff* und erklärt sie als centrale Bahnen des unteren Facialisastes.

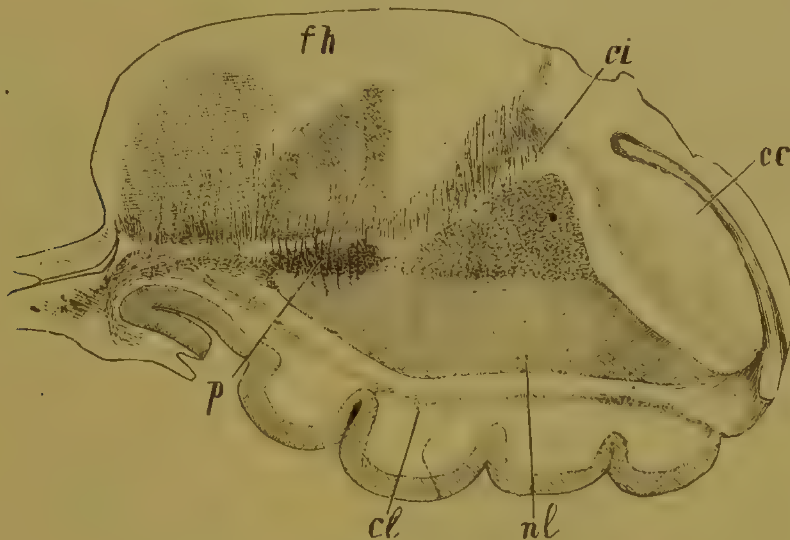



Fig. 255.

Horizontalschnitt durch die Capsula interna eines einige Wochen alten Kindes. Färbung nach *Weigert*. *th* Thalamus opticus; *cc* Corpus caudatum; *nl* Nucleus lenticularis; *cl* Claustrum; *p* Pyramidenbahn.

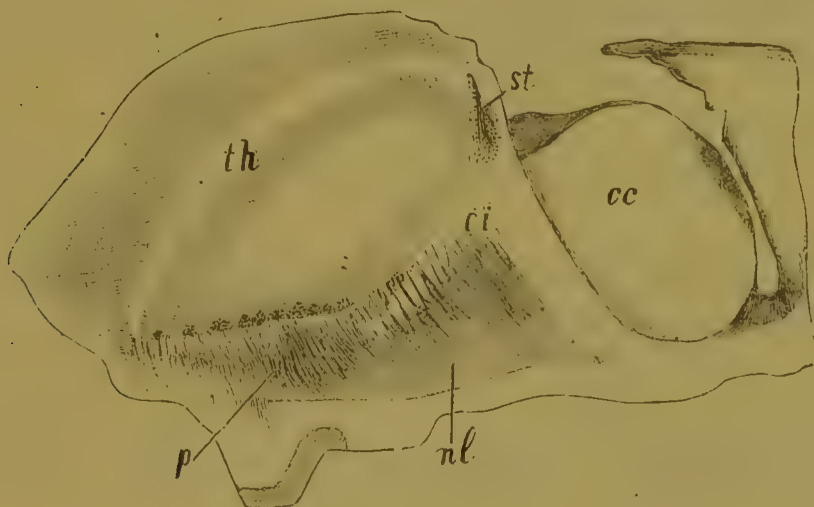



Fig. 256.

Horizontalschnitt der inneren Kapsel von dem Gehirn der Fig. 255 etwas weiter aufwärts. Färbung nach *Weigert*. *th* Thalamus opticus; *cc* Corpus caudatum; *ci* Capsula interna; *nl* Nucleus lenticularis; *st* Stria thalami; *p* Pyramidenbahn.

Im Anschlusse an Destruction des Schluckcentrums sah *Trapeznikoff* (mein Laboratorium) die nämlichen Faserzüge nebst Bogenfasern der Formatio reticularis in Entartung übergehen; degenerierte Elemente waren hierbei auch einwärts von den Vago-glossopharyngeuskernen

nachweisbar. Hierauf gestützt darf man immerhin mit viel Wahrscheinlichkeit der Ansicht sein, dass es sich hier um centrale Leitungen motorischer Nerven handele.*)

Während die bisherigen Betrachtungen solchen Faserzügen des Hirnstammes gewidmet waren, die sich unmittelbar an spinale Systeme anschliessen, wird im folgenden zu zeigen sein, wie sich die verschiedenen grauen Kerne des Gehirnstammes untereinander verbinden und hierdurch wiederum der centralen Fortleitung von Rückenmarks- und

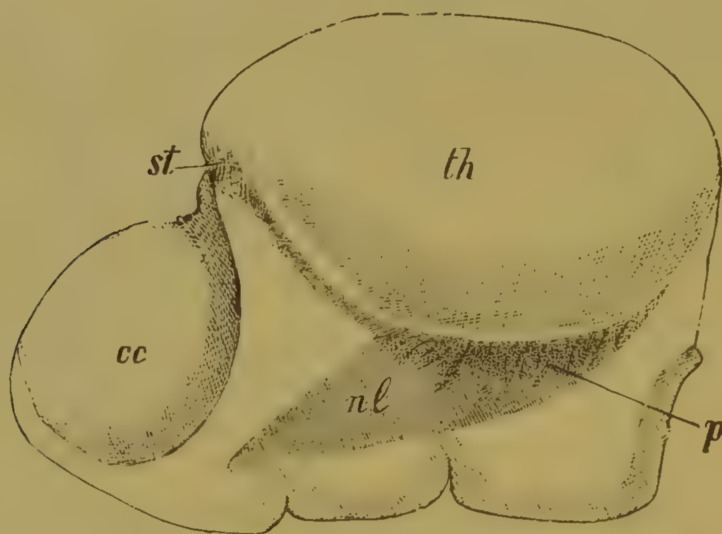



Fig. 257.
Horizontalschnitt an der Übergangsstelle der Capsula interna in die Masse der Hemisphäre von dem Gehirn der Fig. 255—256. Färbung nach *Weigert*. *th* Thalamus opticus; *cc* Corpus caudatum; *nl* oberer Teil des Linsenkernes; *st* Stria thalami; *p* Pyramidenbahn.

Hirnnervenbahnen zu dienen haben. Da die cerebralen Bahnen der Hinterstränge in der Schleifenschicht bereits durch den ganzen Stammteil verfolgt worden sind, so kann hier mit der Darstellung jener Verbindungen begonnen werden, die einen Anschluss an die Vorderseitenstranggrundbündel des Rückenmarkes erzeugen.

Als erste Etappen dieser Bahn erscheinen im Hirnstamm die Vorderstrangkerne, die unteren Centralkerne, der Nucleus reticularis tegmenti, der Nucleus centralis superior und medialis, der Nucleus innominatus und Nucleus ruber, die Kerne des Oculomotorius, der Kern der hinteren Kommissur, der vordere Vierhügel und, wie es scheint, auch das von *Gudden* beim Kaninchen beschriebene Ganglion profundum tegmenti mihi. Alle diese Kerne haben ihre Lage in der For-

*) Dies wird neuerdings von *Hoche* (Archiv f. Psychiatrie Bd. XXX, Heft 1) bestätigt.

matio reticularis, welche sich durch den gesammten Hirnstamm dicht bis zu den Sehhügeln hinzieht, hier aber plötzlich verschwindet (Fig. 258 und 259). Letztere Erscheinung nötigt zu der Annahme, dass wenigstens einige der genannten Kerne durch Faserzüge der Formatio reticularis unmittelbar oder mittelbar mit dem Thalamus, insbesondere mit dessen lateralem Kern, in welchen ganze Massen von Fasern aus dem Hirnstamm einstrahlen, in Verbindung stehen.

Als Bahnen der Thalami zu dem Grau der Formatio reticularis erweisen sich bei genauerem Zusehen jene Fasermassen, welche hinten-aussen von dem Fasciculus longitudinalis posterior belegen von den Autoren irrtümlich als Fortsetzungen der hinteren Gehirnkommissur angesehen worden sind. Meinen Ermittelungen zufolge degenerieren sie nach Beschädigungen des Sehhügels in absteigender Richtung und können bei Anwendung der *Marchi*schen Färbungsmethode abwärts zu dem Nucleus reticularis und den Nuclei centrales superior und inferior verfolgt werden. Die Thalami stehen demnach augenscheinlich in sehr innigen Beziehungen zu diesen Kernen.

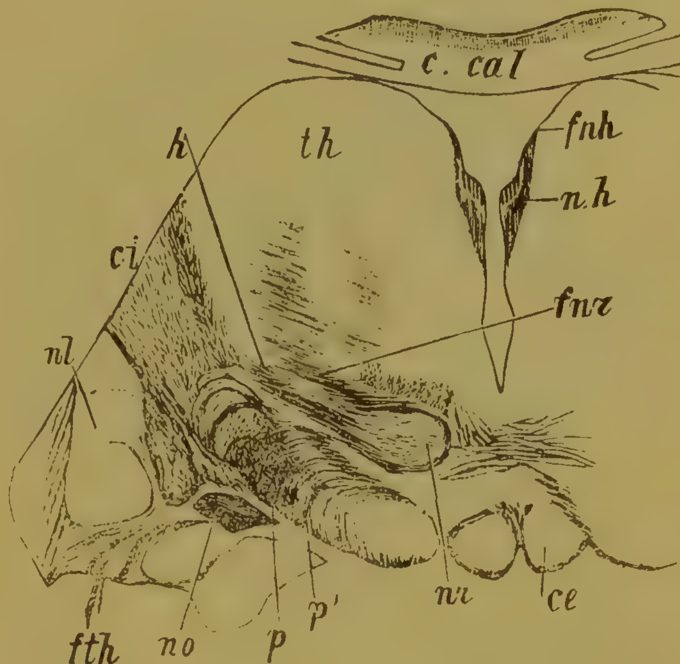



Fig. 258.

Durchschnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns. Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucl. habenulae; *fnh* Faserzug vom Nucl. habenulae zum Stratum zonale thalami; *ce* Corpus candicans; *nr* roter Kern; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *fth* unterer Thalamusstiel; *no* Tractus opticus; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *p'* motorische Hirnnerven, noch nicht völlig markhaltig.

Die Formatio reticularis besitzt aber noch weitere Beziehungen. Von den beiden caudalwärts ziehenden Bündeln des Corpus mammillare, dem Pedunculus corporis mammillaris und dem Haubenbündel *Gudden* (Fig. 267) endigt das letztere (*v. Gudden*), aus dem vorderen Teil des medialen Kerns des Ganglion mammillare hervorgehend, in einem kleinen Kern der Haube, welcher seit *v. Gudden* als Ganglion profundum tegmenti mihi bekannt ist und in der Formatio reticularis ventrolateral von dem hinteren Längsbündel seine Lage hat. Während seines Durchtrittes durch den roten Kern giebt das Haubenbündel an dessen lateralen Abschnitt dichtgedrängte Seitenreiser ab. In der

vorderen Haubenregion, über der ventralen Kreuzung derselben, kreuzen sich beide *Gudden*sche Bündel miteinander (*Ramón*).

Da das genannte Haubenbündel, wie *v. Gudden* selbst gezeigt hat, sich centralwärts in das sog. *Vicq d'Azyr*sche Bündel fortsetzt, welches in der Seitenwand des III. Ventrikels vom Corpus mammillare zum vorderen Kern des gleichseitigen Sehhügels*) hinzieht, so liegt der Gedanke nahe, dass die soeben namhaft gemachten Bahnen mit dazu bestimmt sind, den Thalamus mit der Formatio reticularis bezw. den Rückenmarksgrundbündeln zu verbinden, und dass es sich hier um ein aufsteigendes System handelt, da die Fasern des *Vicq d'Azyr*schen Bündels, wie unschwer zu eruieren, als Neuriten in dem ventrodistalen Kern des Corpus mammillare entspringen und mit freien Endpinseln im Thalamus opticus aufhören. Das Corpus mammillare enthält nun aber im Verbreitungsgebiet des Haubenbündels keine Endbäumchen (*v. Kölliker*), ein Umstand, welcher zu bezeugen scheint, dass das Haubenbündel und der Fasciculus *Vicq d'Azyr* keine einheitliche Leitungsbahn darstellen. Doch bestehen nach einer anderen Richtung sehr innige Beziehungen zwischen beiden Bündeln. Nach *Ramón y Cajal* kommt nämlich aus dem medialen Kern des Corpus mammillare ein ansehnliches Bündel von Achsencylindern, welches mit einem stärkeren vorderen Zweig sich in der Folge meist dem *Vicq d'Azyr*schen Strange, mit einem schwächeren hinteren dem *Gudden*schen Haubenbündel anschliesst. Während ihres Verlaufes geben die Elemente des Fasciculus *Vicq d'Azyr* ramificierte

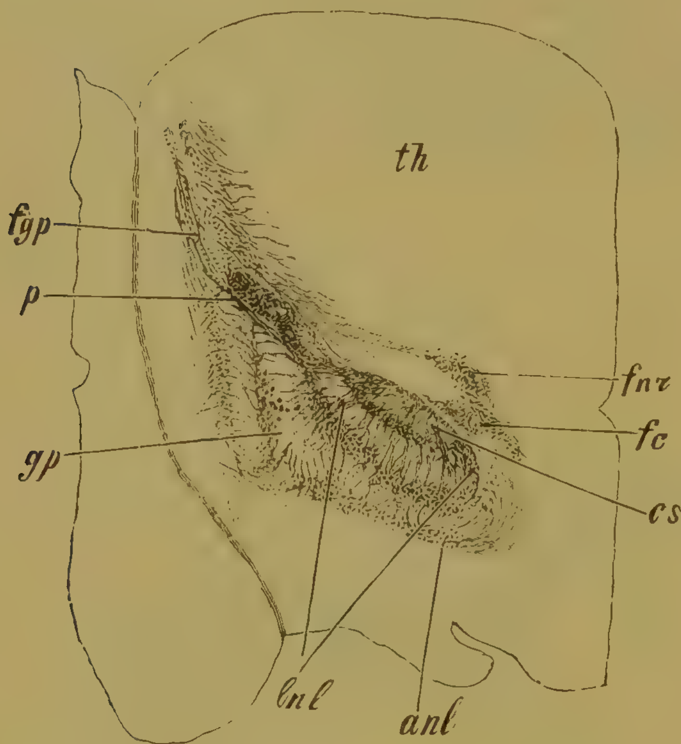



Fig. 259.

Durchschnitt des Gehirns eines Neugeborenen. *th* Thalamus opticus; *gp* Globus pallidus; *cs* Corpus subthalamicum; *fgp* Faserzug vom Globus pallidus zur Rinde; *p* Pyramidenbahn; *lnl* Schleifenfasern vom Corpus subthalamicum zum Globus pallidus; *anl* Linsenkernschlinge; *fnr* Faserzüge aus dem roten Kern, nach und nach in die basalen Teile des Sehhügels übergehend; *fc* Fasern aus dem roten Kern zur inneren Kapsel bezw. zum Linsenkern.

*) Nach Untersuchungen *v. Monakows* (Archiv f. Psychiatrie, XVI, 1885) giebt es auch ein schwächeres gekreuztes *Vicq d'Azyr*sches Bündel.

Kollateralen an nachbarliche Teile des Sehhügels ab (*Ramón*). Nach alledem hat es den Anschein, dass in dem *Vicq d'Azyr*schen und *Gudden*schen Bündel absteigende Bahnen höherliegender Systeme, vor allem der Fornixfaserung, zu suchen seien.*) In Übereinstimmung mit dem bisherigen führt Beschädigung des Corpus mammillare beim Hunde — vom Rachen aus durch die Schädelbasis (*Bechterew*) — nach Untersuchungen, die von *Schipoff* in meinem Laboratorium angestellt wurden, zu Entartung des Fasc. *Vicq d'Azyr*, des *Gudden*schen Haubenbündels und des Pedunculus corporis mammillaris dicht bis zu ihrer Endigung in den hinzugehörigen Kernen.

Was den Pedunculus corporis mammillaris anlangt, so entwickeln sich seine Fasern als Neuriten aus dem Ganglion laterale des Corpus mammillare und steigen längs der medialen Seite des Hirnschenkels herab. Nach *v. Kölliker* wenden sie sich vor der Brücke in der Gegend des Hinterendes des Ganglion interpedunculare dorsalwärts und endigen grösstenteils in dem von




Fig. 260.

Schnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. Behandlung nach *Weigert*. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Schleifenfasern im vorderen Vierhügel; *cgi* Corpus geniculatum internum; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *cml* Corpus mammillare; *crfr* Kreuzung von Fasern nach ihrem Austritt aus dem Corpus mammillare; *fpf* tiefe Markfasern im vorderen Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii.

*) Die Fasern der Fornixschenkel sind nach *v. Kölliker* distalwärts zu den Oculomotoriuskernen, den Ursprungskernen der hinteren Kommissur und zum roten Kern zu verfolgen, doch vermochte der genannte Autor die wahre Endigung derselben nicht mit Sicherheit zu eruieren. *S. de Sanctis* kommt in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von *Zummo*, *Henschen* und *Mingazzini* zu folgenden Ergebnissen: 1. Der distale Teil des Corpus mammillare steht in innigerer Verbindung mit der Columna fornicis, als der proximale. 2. Die Markkapsel des Corpus mammillare beherbergt in ihrem ventralen Abschnitt ausschliesslich Fornixfasern, in ihrem medialen Fasergeflechte des *Vicq d'Azyr*schen und *Gudden*schen Bündels. 3. Das innere Geflecht des Corpus mammillare enthält vorwiegend Fornixelemente (nach *Mingazzini* setzt es sich fast gleichmässig aus Fornix- und *Vicq d'Azyr*schen Fasern zusammen). Den ventralen Abschnitt des Corpus mammillare bekleidet eine Schicht an vielen Stellen ganz peripher lagernder Nervenzellen.

*Gudden* beschriebenen, als Ganglion dorsale tegmenti mihi bekannten rundlichen Kern der centralen grauen Substanz hinter dem Trochleariskern, während der kleinere Rest sich in dem umgebenden centralen Grau verlieren soll.*) Die obige dorsalwärts gerichtete Umbiegung und die Endigung des Pedunculus corporis mammillaris in dem runden *Gudden*schen Kern und im centralen Grau vermag ich nach meinen Präparaten nicht zu bestätigen. Ich kann

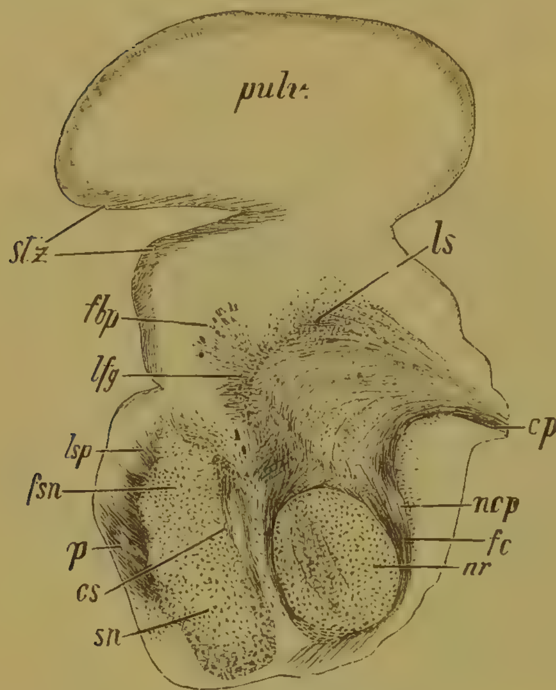



Fig. 261.

Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Brachium posterius; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus.

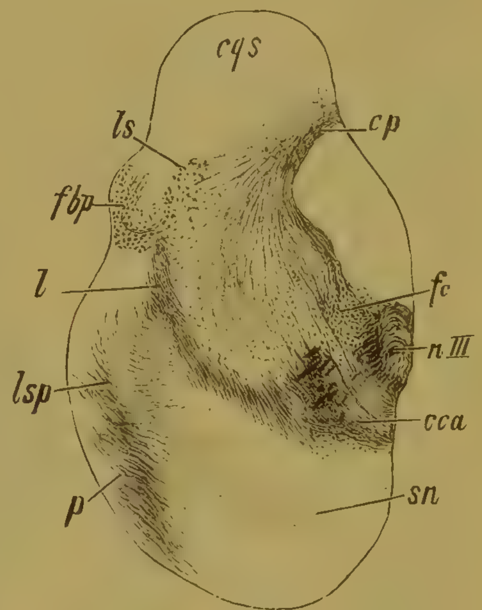



Fig. 262.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbahn, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* vorderer Kleinhirnarm; *n III* Kern des Oculomotorius; *fc* centrale Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleife ist die Lage des Nucl. innominatus.

nur als sicher hinstellen, dass der Faserzug an *Pal*schen Präparaten und an *Marchi*schen Degenerationsobjekten zu meinem Nucleus medialis sich verfolgen lässt. Über seine sonstigen Verbindungen herrscht noch viel Dunkel. Hin und wieder findet man in der Gegend des Tuber

*) Aus dem genannten Kern und seiner Umgebung entwickelt sich auch ein Teil des dorsalen Längsbündels des centralen Grau von *Schütz* (s. unten).

cinereum ausserdem einen zarten weissen Markstreifen, welcher nach vorne verlaufend unter dem Chiasma sich verbirgt. Derselbe, als Stria alba tuberis bekannt, kommt ebenfalls aus dem Corpus mammillare. Er zieht über dem Tractus opticus aufwärts und weicht schliesslich in der Nähe des Fornix als ein offenbar von letzterem getrennter Faserzug büschelförmig auseinander (*v. Lenhossék*, Anatomischer Anzeiger II. 14. 1887). Ob er zu dem Pedunculus corporis mammillaris in Beziehungen steht, ist ungewiss.

Ausgedehnte Verbindungen besitzt die Formatio reticularis ferner mit den Vierhügeln, den Brückenkernen und dem kleinen Gehirn.

Abgesehen von den schon erwähnten Beziehungen ihrer Längsfaserzüge zu dem tiefen Mark führen aus der Formatio reticularis zum hinteren Vierhügelganglion Fasern, welche in schräger Richtung anfänglich an der Seitenfläche des Hirnschenkels, späterhin aber dicht hinter der Schleifenschicht zum Nucleus reticularis tegmenti hinziehen (Fig. 252). Ein Teil derselben geht nach Erreichung der Raphe geradenwegs mit dem Fasciculus verticalis (Fig. 251) zur Brückengegend. Ihre Endigung in dem Grau hierselbst ist mehr als wahrscheinlich, ob sie dagegen teilweise auch zum Kleinhirn vordringen, bleibt unentschieden.

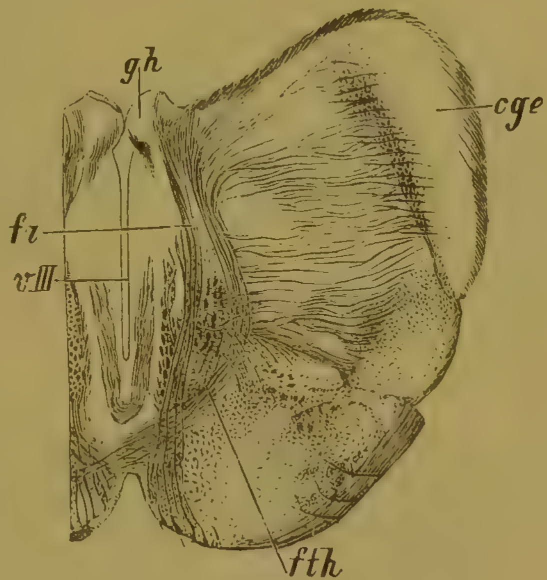



Fig. 263.
Schnitt durch Thalamus und Hirnschenkel vom Kaninchen. Färbung nach *Weigert*. *cge* Corpus geniculatum externum; *gh* Ganglion habenulae; *fr* Fasciculus retroflexus; *vIII* Ventriculus tertius; *fth* Faserzug aus dem Thalamus, mit dem entsprechenden der anderen Seite zwischen den Hirnschenkeln kreuzend.

Was den Kern der hinteren Kommissur (Fig. 261 *ncp*) betrifft, so nimmt er, wie erwähnt, die ventralen Fasern dieser Kommissur auf, welche unter dem Corpus pineale kreuzen und durch Vermittelung der Drüse selbst zu den Pedunculi conarii Beziehungen gewinnen. Letztere erreichen proximalwärts die Nuclei habenulae (Fig. 263 u. 266 *gh*, Fig. 264 *nh*). Die Pedunculi conarii sind im Grunde nichts anderes als der hintere Abschnitt der sog. Taenia thalami, in deren Bahn das aus einem medialen und lateralen Kern bestehende Ganglion habenulae eingelagert erscheint. Andererseits gehen vom Ganglion interpedunculare Guddenii nach den Ermittelungen von *Ganser* Faserzüge zur Haube bis zu dem distal vom N. trochlearis gelegenen Ganglion dorsale tegmenti *Guddens* (Fig. 266 *gd*) und stehen durch den Fasciculus retroflexus von *Meynert*, welcher sich fast unmittelbar über diesem Ganglion mit dem

gleichnamigen Bündel der anderen Seite teilweise kreuzt, in direkter Verbindung mit dem Nucleus habenulae, (Fig. 264 *nh*) während letzterer seinerseits mit der Taenia thalami und mit dem Thalamus selbst durch dessen Stratum zonale innig zusammenhängt (Fig. 263).*)

Von *Gudden*, dem Entdecker des Ganglion interpedunculare, ist gezeigt worden, dass nach Zerstörung eines Ganglion habenulae der gleichseitige Fasciculus retroflexus in ganzer Ausdehnung absteigend degeneriert, und zwar dicht bis zu dem atrophischen Ganglion inter-




Fig. 264.

Durchschnitt des Gehirns eines 3 monatigen Kindes.

*c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucleus habenulae; *cge* Corpus geniculatum externum; *tro* Tractus opticus; *lm* Rest der Schleife; *nr* Nucleus ruber; *frf* Fasciculus retroflexus; *fnr* Faserzüge aus dem roten Kern; *py* Pyramidenfasern. Behandlung nach der *Pal*schen Methode.

pedunculare der anderen Seite. Dieser Befund musste darauf hinweisen, dass es sich hier um ein absteigendes Fasersystem handele.**) Für die absteigende Natur des Pedunculus corporis mammillaris und der ventralen Fasern der Commissura posterior könnte ich selbst eine Reihe von Thatsachen geltend machen.

*) Als Stratum zonale thalami bezeichnet man einen an der oberen Fläche des Sehhügels befindlichen, 1 mm starken Markbelag, dessen Elemente vorwiegend in antero-posteriorer Richtung verlaufen. Es finden sich darin u. a. Elemente der lateralen Tractuswurzel, die längs der Oberfläche des Corp. genic. laterale sich hinziehen, Fasern des Thalamus zum Occipitallappen und solche des unteren Thalamusschenkels.

**) Das Ganglion interpedunculare stellt höchstwahrscheinlich einen zusammengesetzten Körper vor, welcher beispielsweise beim Hunde mindestens fünf verschiedene Kerne in sich birgt (*Edinger*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane 1893, S. 122). *Ramón y Cajal* beschreibt in dem Ganglion zwei Kerne, einen medialen und einen lateralen.

In der That bringen Untersuchungen von *van Gehuchten, Ramón y Cajal* und *v. Kölliker* den Nachweis, dass der Fasciculus retroflexus in dem Ganglion habenulae entspringt und mit pinselförmigen Endreiserchen im gekreuzten Ganglion interpedunculare sich verliert. Er besteht aus stärkeren und schwächeren Fasern, von welchen erstere möglicherweise über das Ganglion hinaus zur Brückengegend vordringen. Bezüglich seines Ursprunges lehren *Golgi*sche Präparate, dass die Zellen des medialen und lateralen Kerns des Ganglion habenulae ihre Neur-

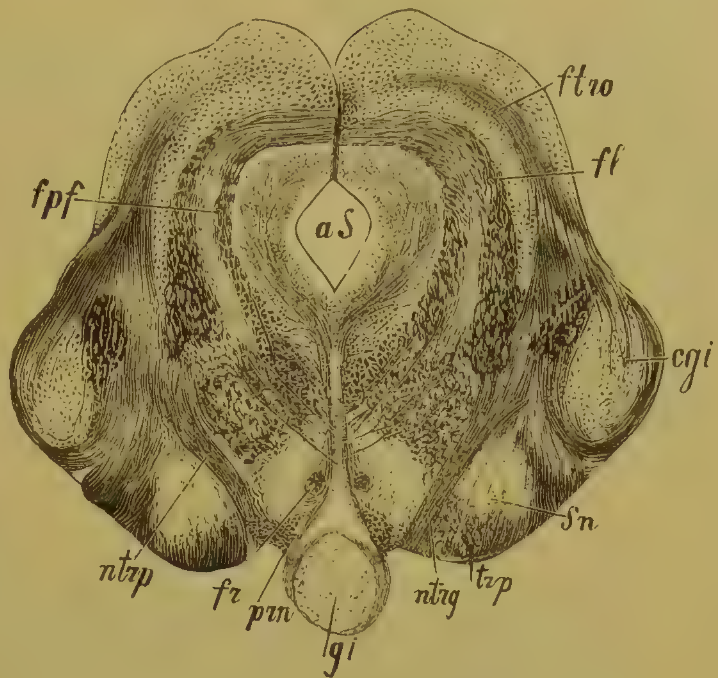



Fig. 265.

Querschnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Fasern der Schleifenschicht; *cgi* Corpus geniculatum internum; *sn* Substantia nigra; *trp* Tractus transversus pedunculi; *ntrp*, *ntrg* konischer Endkern des letzteren; *gi* Ganglion interpedunculare; *pm* Pedunculus corporis mammillaris; *fr* Fasciculus retroflexus; *fpf* Fasern vom tiefen Mark des vorderen Vierhügels; *aS* Aquaeductus Sylvii. Färbung nach *Weigert*.

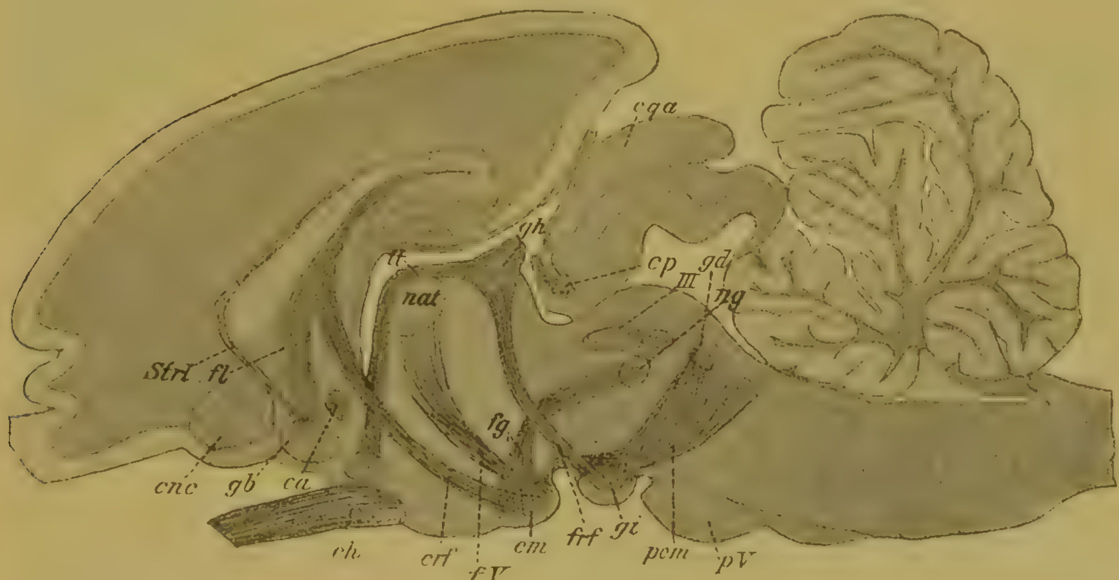



Fig. 266.

Die Faserung des Gewölbes und der Taenia thalami beim Kaninchen. Modificiert nach *v. Kölliker*. *Strl* Striae Lancisii; *fl* Fornix longus; *cnc* Kopf des Streifenhügels; *gb* Ganglion basale; *ca* Commissura anterior; *ch* Chiasma; *nat* Nucleus anterior thalami; *crf* Crus fornicis; *fV* Fasciculus *Vicq d'Azyr*; *cm* Corpus mammillare; *fg* Fasciculus tegmentarius *Gudden*; *frf* Fasciculus retroflexus; *gi* Ganglion interpedunculare; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *pV* Pons Varolii; *tt* Taenia thalami; *gh* Ganglion habenulae; *cp* Commissura posterior; III Oculomotoriuskerne; *ng* *Gudden*scher Kern; *gd* Ganglion dorsale tegmenti; *cqa* Corpus quadrigeminum anterius.

iten in das *Meynert*sche Bündel abgeben. Gleichzeitig aber lösen sich in beiden Kernen ungemein feine Endpinsel aus der Taenia thalami auf. Letztere hat ihren Ursprung in der Riechsphäre,*) wie aus Beobachtungen von *Edinger* hervorgeht, welcher nach Durchschneidung der Taenia ihren vorderen Abschnitt dicht bis zur Läsionsstelle ohne Zeichen von Entartung fand. Auch der Fasciculus retroflexus bleibt nach diesem Eingriff unversehrt.**)

Neueren Untersuchungen zufolge hängt die Taenia nicht allein mit dem Thalamus durch dessen Stratum zonale zusammen, sondern weiterhin auch mit dem sog. Riechfelde der Substantia perforata anterior.




Fig. 267.
Schema der Riechfaserung und einiger Züge des Zwischen- und Mittelhirns.
Nach *L. Edinger.*

Dies drängt zu der Annahme, dass die betrachteten Bahnen u. a. bestimmt sind, den Riechapparat mit gewissen Teilen des Hirnstammes in Beziehung zu bringen.

---

*) Nach *Lotheisen* (Anatom. Hefte 1. 12. 1894) kommt die Taenia aus der Formatio olfactiva, aus dem Grau der vorderen Wand des Infundibulum und dem Fornix (s. unten), nach *Ramón y. Cajal* aus der grauen Substanz vor dem Chiasma opticum.

**) Die Elemente des medialen Habenulakerns erinnern an Strangzellen des Rückenmarkes; der laterale Kern hingegen enthält ganz eigentümliche Zellen mit wenig zahlreichen Dendriten, welche an dem dem Achsencylinder entgegengesetzten Zellpole entspringend nach den Seiten hin zahlreiche kollaterale Reiser entwickeln (*Ramón y Cajal*).

Ferner wird in dem schon erwähnten Ganglion tegmenti dorsale das dorsale Längsbündel des centralen Grau von *Schütz* (s. unten) unterbrochen, welches die Kerne fast aller Hirnnerven untereinander verknüpft. Es tritt somit durch die Taenia thalami, das Ganglion habenulae, den Fasciculus retroflexus, das Ganglion interpedunculare und durch die aus letzterem hervorgehenden Faserzüge der Riechapparat in Beziehung zu den Kernen verschiedener Hirnnerven und durch Vermittelung der Pedunculi conarii und der ventralen Abteilung der hinteren Kommissur — zu den Kernen der Formatio reticularis, zu den vorderen Rückenmarkssträngen und vielleicht auch zu den Kernen des Oculomotorius.*)

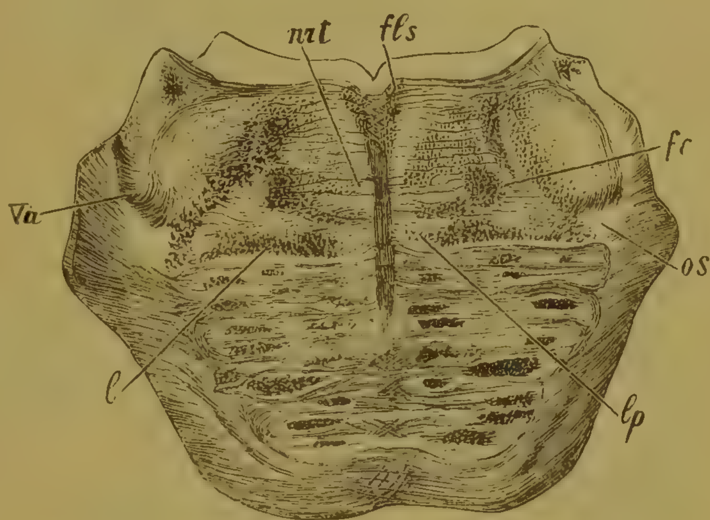



Fig. 268.

Querschnitt durch die untere Hälfte der Brücke von dem Gehirn der Figur 104. *fls* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *Va* Radix ascendens trigemini; *l* Schleifenschicht; *os* Lage der oberen Olive; *fc* centrale Haubenbahn; *lp* mediale Schleife, auf der anderen Seite atrophisch.

In guter Übereinstimmung steht dieser Satz mit den Ergebnissen der Degenerationsmethode. Unlängst fand Dr. *Schipoff* (in meinem Laboratorium) beim Hunde nach Beschädigung beider Gyri fornicati, welche bekanntlich in innigster Weise mit dem Riechapparate zusammenhängen, ausser Degeneration des Fornix longus, der Bulbi olfactorii und der Crura fornicis solche der Taenia thalami. Von letzterer aus liessen sich die degenerativen Veränderungen zu dem Fasciculus retroflexus, zum Stratum zonale thalami und durch die Pedunculi epiphyseos zu der hinteren Kommissur und zum tiefen Vierhügelmark verfolgen. Viele entartete Fasern zogen weiterhin durch die Raphe zur Gegend der Oculomotoriuskerne, andere drangen in den Fasciculus longitudinalis posterior und in das Grau des Aquaeductus Sylvii ein. Die Hauptmasse aber stieg in dem medialen Felde der Formatio reticularis ventral von dem hinteren Längsbündel abwärts und trat mit den Nuclei medianus und reticularis tegmenti (*ich*) unter

*) *Henschen* sah nach ausgedehnter Beschädigung der Rinde und der subcortikalen Ganglien den Fascic. retroflexus in seinem medio-ventralen Abschnitt teilweise atrophisch bei völliger Unversehrtheit des Nucl. habenulae. Das weist darauf hin, dass nicht alle Elemente des Fasciculus retroflexus aus dem Gangl. habenulae herkommen.

teilweiser Kreuzung daselbst in Verbindung, während einige noch weiter abwärts zum verlängerten Mark hin sich ausbreiteten. Ein Teil der in den Nucleus reticularis eingetretenen degenerierten Faserzüge erreichte jenseits der Raphe die dorsalen Brückenganglien. Längs den Crura fornicis ging die Degeneration in dem hier geschilderten Falle zum Corpus mammillare abwärts und auf sämtliche aus diesem Ganglion austretenden Stränge (Fasciculus *Vicq d'Azyr*, Pedunculi corporis mammillaris, *Gudden*sches Bündel) über, und gelangte auf der Bahn des Fasciculus retroflexus zu dem Ganglion interpedunculare.*)

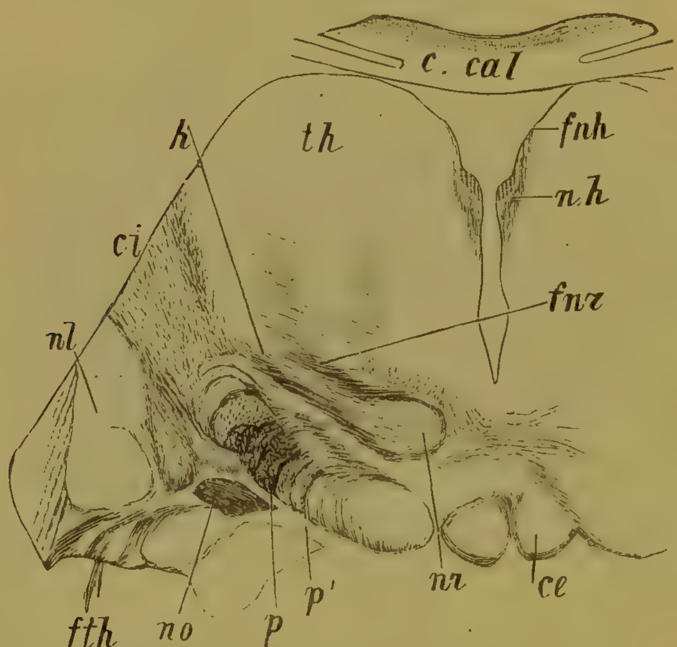



Fig. 269.

Durchschnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns. Gehirn eines $2\frac{1}{2}$—3 monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucl. habenulae; *fnh* Faserzug vom Nucl. habenulae zum Stratum zonale thalami; *ce* Corpus candicans; *nr* roter Kern; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *fth* unterer Thalamusstiel; *no* Tractus opticus; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *p'* motorische Hirnnerven, noch nicht völlig markhaltig.

Mit dem Grau der Varolsbrücke und mit dem Kleinhirn ist die Formatio reticularis, wie ich zuerst gefunden habe, durch Faserzüge verknüpft, die aus ihren Seitenteilen und aus dem Nucleus reticularis tegmenti sich zur Raphe begeben. Nach geschehener (zum mindesten teilweiser) Kreuzung steigen sie in der Raphe ventralwärts als Fasciculus verticalis medialis pontis zur Brückenbasis hinab und verlieren sich teils in dem Grau der letzteren, teils ziehen sie, lateralwärts (Fig. 268) umbiegend direkt zum Kleinhirn empor (s. dort).

Wie im vorstehenden bereits erwähnt, endigt im roten Haubenkern (Fig. 269 und 274 *nr*) eines der centralen Bündel der Vorderseitenstränge des Markes. Die ihm von hinten her zustrebenden Züge des vorderen Kleinhirnschenkels entwickeln nach ihrer Kreuzung unter der Vierhügelplatte zahlreiche Kollateralen, deren Verästelungen an die

*) Von den durch den genannten Eingriff bedingten Veränderungen der Hemisphären und anderer Teile, wie des Fascic. nucl. caudati etc. wird an einem späteren Orte die Rede sein.

Elemente des roten Kerns herantreten; andere Fasern gehen im roten Kern selbst in ihre Endäste über.*) Es verläuft also ein Teil des vorderen Kleinhirnschenkels nach Abgabe von Kollateralen an den roten Kern über diesen hinaus noch weiter proximalwärts. Aus seinen Endstätten im roten Kern aber gehen neue Bahnen nach vorne zu dem lateralen Kern des Thalamus opticus (Fig. 273 *fgp*), nach Einigen auch zu dem Globus pallidus des Linsenkerns und vielleicht direkt zu der Rinde des Vorderhirns (Fig. 269 und 273 *fnr*, Fig. 270), doch fehlen, was die Bahnen zur Rinde betrifft, unzweifelhafte Beweise.

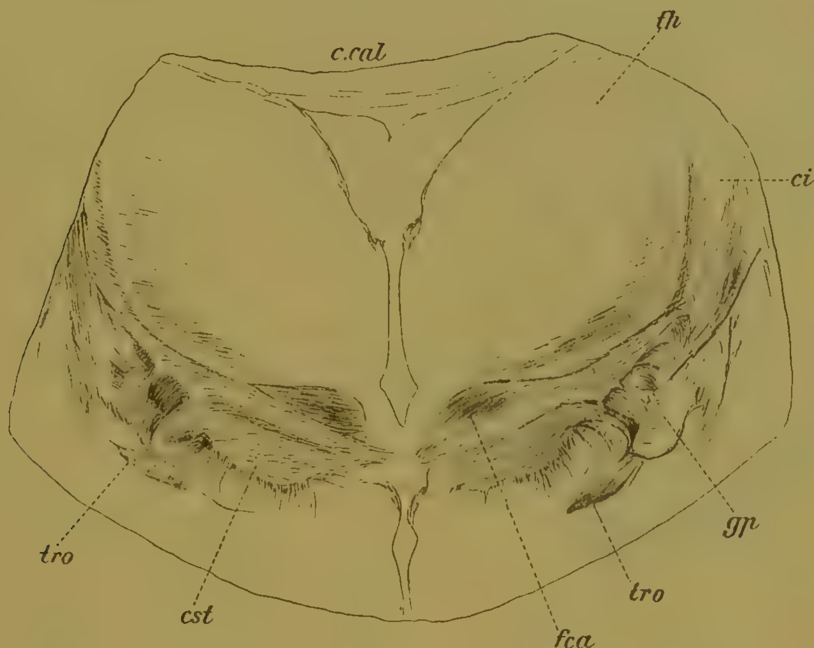



Fig. 270.

Schnitt aus dem Gehirn eines 3 Monate alten Kindes. *Pal*sche Methode. *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *ci* Capsula interna; *gp* Globus pallidus; *fca* Faserzüge aus dem roten Kern zur inneren Kapsel; *cst* Corpus subthalamicum; *tro* Tractus opticus.

Von den rückläufigen Systemen des vorderen Cerebellumschenkels wird weiter unten noch die Rede sein. Nach neueren Ermittelungen zieht ein diesem Schenkel angehörendes Bündel absteigend durch das verlängerte Mark. Viele Fasern desselben entwickeln nach ihrem Austritte aus dem Kleinhirn in annähernd derselben Ebene und fast unter rechten Winkeln absteigende Kollateralen. Zuweilen handelt es sich (*Ramón y Cajal*) hierbei um eine wahre gabelförmige Bifurkation in auf- und absteigende Äste. Das so entstehende absteigende Kleinhirnbündel sendet unterwegs verästelte Kollateralen an die Nachbarschaft. Anfänglich vor-unten-aussen von dem motorischen Trigeminuskern und innen von dem oberen Teil der Subst. gelatinosa ge-

*) Infolge des Reichtumes an einstrahlenden Fasern und Collateralen (vorderer Kleinhirnschenkel, Kollateralen des absteigenden Bündels der fontänenartigen Haubenkreuzung, Kollateralen des *Gudden*schen Haubenbündels) zeigt das Innere des roten Kerns ein dichtes netzförmiges Gefüge.

legen, verläuft das Bündel in der Folge als langgezogene Bahn unmittelbar vor letzterer. Seine Kollateralen begeben sich zu dem motorischen Trigeminuskern, zum Facialiskern, zu Zellen der Subst. reticularis, vielleicht auch zum Nucl. ambiguus und Abducenskern. Über das abwärtige Ende des Bündels wird von *Ramón y Cajal*, dem Entdecker desselben, nichts näheres angegeben, doch steigt es sicher nicht zum Rückenmark herab, sondern erschöpft sich, medial von der Subst. gelatinosa hinziehend, in der Medulla oblongata. Es verbindet höchstwahrscheinlich das Cerebellum mit den Kernen von Hirnnerven.*)

Was den Globus pallidus, eine weitere Endstätte von Elementen des vorderen Kleinhirnschenkels, betrifft, so besitzt derselbe eine Reihe von Verbindungen, so mit dem Thalamus durch Querfaserzüge der inneren Kapsel (Fig. 273), ferner mit dem Corpus subthalamicum (Fig. 259 und 274 *lnl*) und mit dem Corpus geniculatum mediale.




Fig. 271.

Schnitt durch das Chiasma opticum des Kaninchens. Behandlung nach *Weigert*. *tro* Tractus opticus; *F* Gewölbe; *fch* Faserzüge vom Chiasma zum centralen Grau des III. Ventrikels. Ventral von *F* erkennt man den Fasciculus tuberis cinerei.

Von den Bahnen, welche vom Thalamus durch die innere Kapsel zum Globus pallidus hinführen, ist zu erwähnen, dass sie auf geeigneten Frontalschnitten der Capsula interna überall mit grösster Schärfe hervortreten. Auch eine gekreuzte Verbindung giebt es zwischen den genannten beiden Ganglien, nämlich durch den Fasciculus tuberis cinerei. Die ziemlich starken Elemente dieses Bündels verlaufen unter dem Boden des III. Ventrikels von einer Seite zur anderen, von der Mittellinie aus fächerförmig auseinanderweichend. Kaudalwärts umgehen sie den Fornix vorwiegend von innen her (Fig. 271) und verlieren sich sodann an den vorderen Abschnitten des roten Kerns. Die ventraleren Fasern ziehen nach aussen, um sich noch im Gebiete des Tuber cinereum unter dem Boden des Ventrikels mit solchen der anderen Seite zu kreuzen, gesellen sich an dem medialen Rande des Hirnschenkels zu der *Meynert*schen Kommissur und erreichen mit letzterer ventral vom Hirnschenkel weiterziehend den ventralen Teil des Linsenkerns (Fig. 272).

*) In einigen Fällen fand ich nach Läsionen des verlängerten Markes dieses Bündel in absteigender Degeneration. An Beobachtungen über Entartung desselben nach Beschädigungen des kleinen Gehirns und dessen vorderen Schenkels fehlt es bisher.

Doch gehört der Fasciculus tuberis cinerei nicht zu dem System der *Meynert*schen Kommissur, da er später zur Entwickelung kommt als diese. Ebensowenig besitzt er Beziehungen zu den Sehnerven und wird nach Bulbusenukleation nicht atrophisch gefunden. Wohl aber habe ich letzteres häufig nach Beschädigungen des mittleren Abschnittes des Thalamus beobachtet und es muss daher an nahe Beziehungen des Bündels zu diesem Ganglion gedacht werden. Die degenerierten Fasern begeben sich von der Läsionsstelle gewöhnlich beiderseits von den Fornixschenkeln abwärts zu dem Boden des III. Ventrikels, überschreiten die Mittellinie und streben schliesslich mit Elementen der *Meynert*schen Kommissur zur ventralen Seite des Linsenkerns, wo sie sich dem Blicke entziehen.

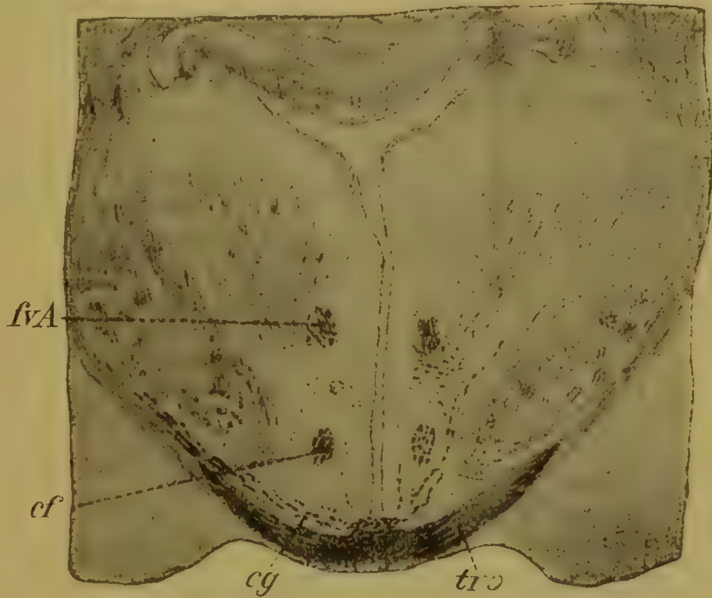



Fig. 272.
Hundegehirn nach Beschädigung der hinteren Abteilung vom Boden des III. Ventrikels. Nach einem Präparate von *Schipoff*. Methode von *Marchi*. *tro* Tractus opticus; *cg* degenerierte Elemente des Fasciculus tuberis cinerei, unter dem Ventrikelboden verlaufend; *cf* Crus fornicis; *fvA* *Vicq d'Azyr*sches Bündel.

Mit dem Corpus subthalamicum steht der Globus pallidus in doppeltem Verkehr; einmal direkt durch Fasern des Hirnschenkelfusses und der inneren Kapsel (Fig. 259) und zweitens kreuzweise durch die *Meynert*sche Kommissur (Fig. 273 *cM*), in welcher, wie schon erwähnt, möglicherweise auch centrale Fortsetzungen von Schleifenfasern aus den Keilstrangkernen vorkommen. Diese Ansicht wird durch die Ergebnisse von *Pribytkoff**) vollauf bestätigt. — Die Ver-

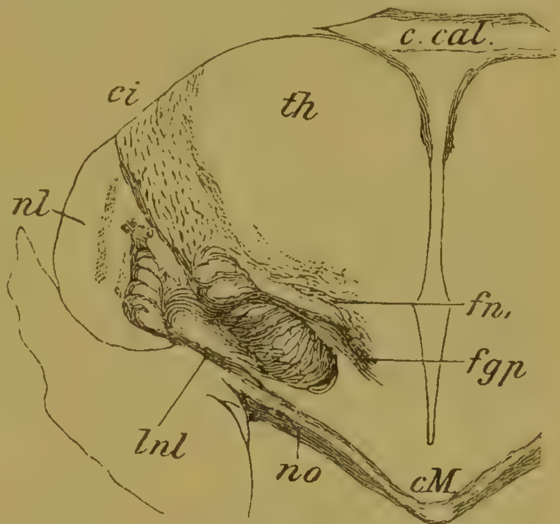



Fig. 273.
Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. *c.cal* Balken; *th* Sehhügel; *ci* innere Kapsel; *nl* Linsenkern; *no* Sehnerv; *fnr* Faserzug vom roten Kern zum Sehhügel; *fgp* Bündel vom roten Kern zum Globus pallidus; *cM Meynert*sche Kommissur, deutlich in die Linsenkernschlinge (*lnl*) übergehend.

*) Über den Faserverlauf der Sehnerven, S. 73.

bindung des Corpus subthalamicum mit dem anderseitigen Globus pallidus ist an der Hand der entwickelungsgeschichtlichen Methode mit vorzüglicher Anschaulichkeit an Hirnen darstellbar, wo die *Meynert*sche Kommissur bereits Markscheiden aufgenommen hat, während die Umgebung noch wenig oder gar keine myelinbekleidete Fasern enthält. *)

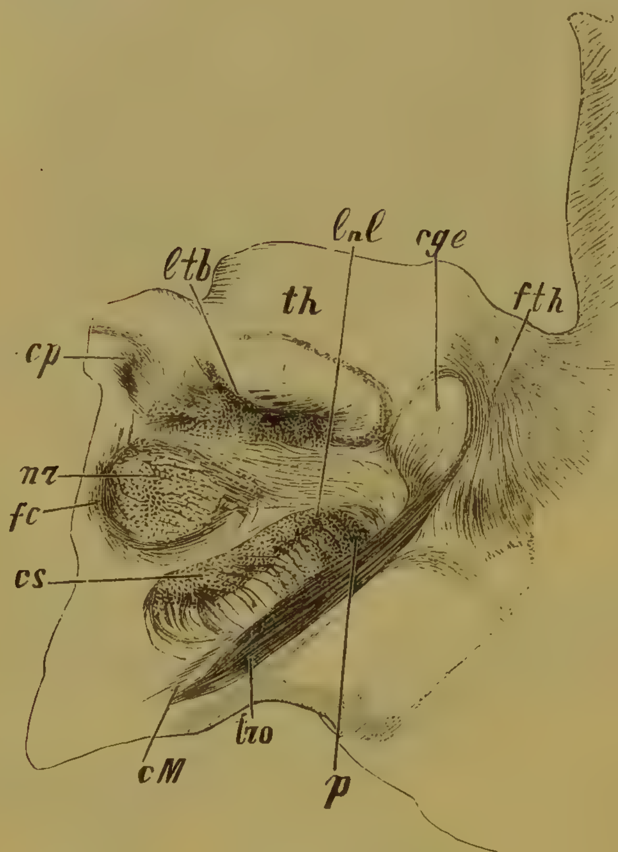



Fig. 274.

Schnitt durch das Gehirn eines mehrere Wochen alten Kindes. *cs* Corpus subthalamicum; *nr* Nucl. ruber; *cp* hintere Kommissur; *th* Thalamus; *ltb* Schleifenfasern zum Thalamus; *lnl* Schleifenfasern vom Corp. subthalamicum zum Globus pallidus; *cge* lateraler Kniehöcker; *fth* Fasern vom Thalamus zur Endhirnrinde; *p* Pyramidenbahn; *tro* Tractus opticus; *cM* *Meynert*sche Kommissur; *fc* centrale Haubenbahn.

Was endlich den Zusammenhang des Globus pallidus mit dem Corpus geniculatum mediale betrifft, so ist derselbe ein gekreuzter und wird durch die in der Masse der Opticusbahnen verlaufende *Gudden*sche Kommissur hergestellt. Diese Bedeutung wird der *Gudden*schen Kommissur wenigstens von neueren Forschern mit Entschiedenheit zugeschrieben, obwohl auch eine Verknüpfung der beiden medialen Kniehöcker durch dieselbe nicht undenkbar ist.**) Auch sind Beziehungen dieser Kommissur zu dem Corpus subthalamicum möglich (*v. Kölliker*).

Jene Abschnitte der Formatio reticularis, welche im Vorhergehenden als centrale Bahnen der Grundbündel des Rückenmarkes bekannt geworden sind, werden durch ein mächtiges Fasersystem, welches im dorsalen Abschnitt der hinteren Kommissur verläuft, mit den proximalwärts gelegenen Teilen in Verbindung gesetzt.***)

*) Nach Durchschneidungen atrophiert die *Meynert*sche Kommissur, wie ja nicht anders zu erwarten, nur partiell; etwa die Hälfte ihrer Fasern bleibt unversehrt. Läsion des äusseren und inneren Kniehöckers hatte in den Versuchen *Pribytkoffs* keine Veränderungen der *Meynert*schen Kommissur zur Folge.

**) Ähnlich der *Meynert*schen zeigt die *Gudden*sche Kommissur infolge von Durchschneidungen nur teilweise Atrophie (*Pribytkoff*).

***) Die Einteilung der hinteren Kommissur in eine dorsale und eine ventrale Abteilung, die sich auf Verschiedenheiten der Entwickelung und der Beziehungen

Die ventrale Abteilung der hinteren Kommissur gehört einer sehr frühen Entwickelungsperiode an und hat bereits als centrale Bahn des hinteren Längsbündels und der anstossenden Gebiete der Formatio reticularis Erwähnung gefunden; die dorsale hingegen wird viel später markscheidenhaltig und hat mit jener augenscheinlich nichts gemeinschaftliches. Leider lassen sich aus den vorhandenen Untersuchungen über den wahren Ursprung und die schliessliche Endigung der in Rede stehenden Fasern keine näheren Anhaltspunkte gewinnen. Soviel darf jedoch als zweifellos gelten, dass sie nach geschehener Kreuzung über dem Aquaeductus Sylvii unter Bildung zierlicher Bogen zur Tiefe des vorderen Vierhügels hinabsteigen, woselbst sie das mittlere und zum Teil das tiefe Mark des letzteren (Fig. 274 und 275 *cp*) erzeugen, um sodann in die Formatio reticularis übergehend sich in unmittelbarer Nachbarschaft des hinteren Längsbündels zu lagern.

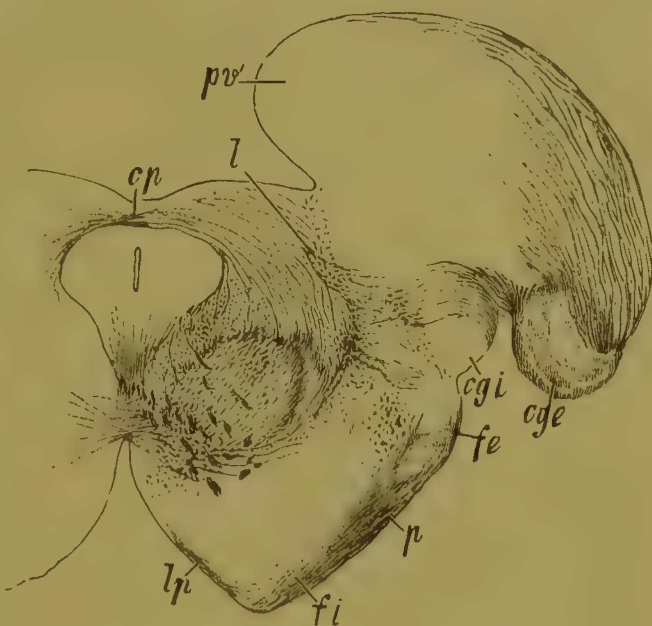



Fig. 275.
Schnitt durch die Grosshirnschenkel eines 2 Monate alten Kindes. Behandlung nach *Pal*. *pv* Pulvinar; *cge* Corpus geniculatum externum; *cgi* Corpus geniculatum internum; *l* Schleifenschicht; *cp* hintere Kommissur; *fe* früh ummarktes Bündel im lateralen Teil des Hirnschenkels; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *fi* früh entwickeltes Bündel im medialen Abschnitt des Hirnschenkels; *lp* mediale Schleife.

Den oberen Ursprung der dorsalen Fasern der hinteren Kommissur verlegen einige Autoren (*Meynert*, *Edinger*) in den hinteren Abschnitt der Sehhügel, was ich auf Grundlage von Versuchen mit Durchschneidung dieser Kommissur bestätigen kann; doch weisen neuere Untersuchungen entschieden auch auf einen kortikalen Ursprung derselben hin. Man darf annehmen, dass die dorsalen Kommissurenfasern durch die innere Kapsel und den Hirnschenkel zunächst zum mittleren Mark des vorderen Vierhügels gelangen und darauf nach Kreuzung über dem Aquaeductus Sylvii in das tiefe Mark der anderen Seite eindringen, wo sie lateral und ventral vom hinteren Längsbündel verlaufend sich in meinem Nucleus innominatus und teilweise im roten Kern verlieren.

zu anderen Hirnregionen stützt, erscheint in topographischer Beziehung nicht völlig einwandfrei und betrifft vor allem die Kommissurenfasern jenseits der Kreuzung, wo die in das tiefe Vierhügelmark eintretenden im wesentlichen dem ventralen, die übrigen dem dorsalen Gebiet der Kommissur entsprechen.

Die Degenerationen nach Zerstörung der hinteren Kommissur sind *(Boyce)* weder in aufsteigender, noch in absteigender Richtung sehr ausgedehnt, sondern hören stets an dem gekreuzten Vierhügel und am Grau des Aquaeductus Sylvii auf. Von der Kreuzung über dem Aquaedukte geht ein Faserzug nach *Boyce* durch den Arm des vorderen Vierhügels zur inneren Kapsel; Degeneration dieses Faserzuges ist nach Läsionen des Stirnlappens beobachtet worden.*) Ich selbst habe Degeneration der hinteren Kommissur nicht nur nach Beschädigungen der lateralen Stirnlappenregionen, sondern auch nach solchen der Lobi temporales mit Ergriffensein der Opticusbahnen beobachtet. Im Anschluss an vollständige Durchschneidung des vorderen Teiles der Kommissur (*Schipoff* in meinem Laboratorium) ging die Degeneration der Kommissurenfasern aufwärts bis an die hinteren Abschnitte des Thalamus und den hinteren Bindearm und von hier zur inneren Kapsel und den lateralen Hemisphärengebieten; abwärts von dem Schnitte zu meinem Nucleus innominatus und zum roten Kern einerseits, zum hinteren Längsbündel und zur Gegend zwischen beiden roten Haubenkernen andererseits. Ein Teil der Kommissurenfasern gewinnt hier wahrscheinlich Beziehungen zu den an den Nucleus medialis sich anschliessenden Zellelementen an der Raphe**), ein anderer wendet sich letzterer entlang dorsalwärts und dringt in den Kern des Oculomotorius ein. Der wie es scheint ansehnliche Rest aber begiebt sich beiderseits von der Raphe abwärts und erschöpft sich nach und nach innerhalb der Formatio reticularis, insbesondere im Niveau der Nuclei medialis und reticularis tegmenti. Einige können mit Elementen des hinteren Längsbündels in die Vorderstränge des Markes hinein verfolgt werden. Jedoch gehört nur ein Teil der in Rede stehenden Fasern dem dorsalen Gebiet der hinteren Kommissur. Die übrigen sind ventrale Kommissurenfasern und haben

---

*) Nach Beschädigungen vor dem vorderen Vierhügel beobachtete *Spitzka* (Neurologisches Centralblatt 1885, No. 11, S. 246) bei einem jungen Kätzchen auf der gekreuzten Seite Atrophie des ventral vom hinteren Längsbündel befindlichen Feldes bis hinab zur Medulla oblongata. Da das atrophische Gebiet in diesem Fall der Lage der hinteren Kommissurenfasern entsprach, so glaubt *Spitzka* der Ansicht *Meynerts* beipflichten zu sollen, derzufolge die Commissura posterior einen gekreuzten Übergang von Thalamusfasern zur Haube darstellt. Doch soll hier bemerkt werden, dass in dem erwähnten Fall die Atrophie der hinteren Kommissur auch durch Läsion von Fasern der letzteren auf ihrer Bahn vom Thalamus zur Hirnrinde bedingt sein konnte. Ferner ist die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen, dass die Degeneration hier nicht hintere Kommissurenfasern, sondern irgend ein anderes System betroffen habe.

**) Dem entsprechend kann das der Raphe angrenzende Grau zwischen den beiden roten Kernen als Nucleus medialis superior, und mein Nucleus medialis in der hinteren Vierhügelgegend als Nucleus medialis inferior unterschieden werden.

Beziehungen zu den Pedunculi conarii und zum Ganglion habenulae, welche ihrerseits durch Elemente des Stratum zonale thalami bezw. durch den Fornix longus mit der Endhirnrinde verbunden sind.

Von den Bestandteilen der Formatio reticularis ist bisher der Faserzüge ihres äusseren Feldes und der cerebellaren Fasern der unteren Olive (Fig. 276) nicht gedacht worden. Über letztere und das Verhalten des Pedunculus cerebelli anterior ist auf das Kapital vom Kleinhirn zu verweisen. Hier wäre nur zu erwähnen, dass ausser Oliven- und Bindearmfasern noch andere Kleinhirnbahnen im Gehirnstamm verlaufen. An Präparaten vom Hunde mit zerstörtem Kleinhirn, die Herr *Juschtschenko* in meinem Laboratorium angefertigt, sah man entartete Fasern zur Gegend des Trapezkörpers herabsteigen. Hier gelangten

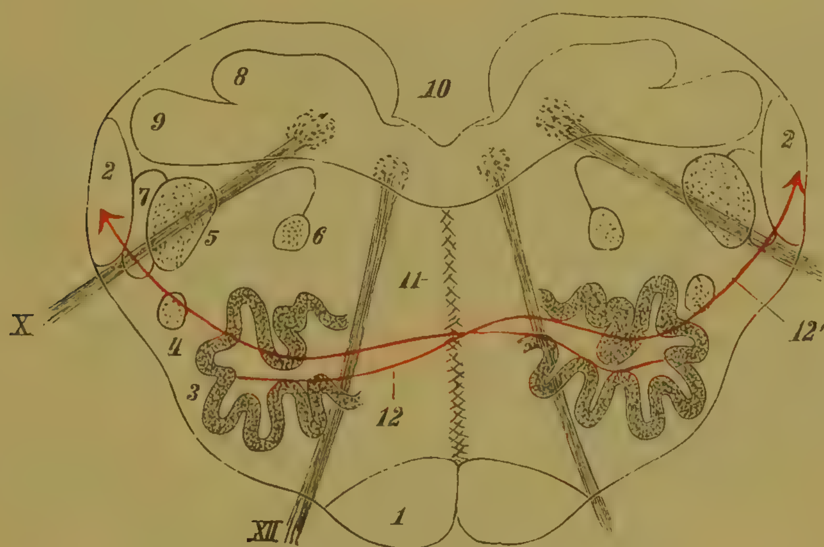



Fig. 276.

Schema der Olivenkleinhirnbahn. *X* N. vagus; *XII* N. glossopharyngeus; 1 Pyramide; 2 Corpus restiforme; 3 Nucleus olivae; 4 Nucleus lateralis; 5 gelatinöser Kopf der Hintersäule; 6 Nucleus ambiguus; 7 Radix descendens trigemini; 8 Nucleus funiculi gracilis; 9 Nucleus funiculi cuneati; 10 Rautengrube; 11 Raphe; 12 und 12' Olivenkleinhirnbahn. Nach *Rauber*.

sie auf die andere Seite, wandten sich proximalwärts und verliefen in der Haube hinter der Schleifenschicht und seitlich von den grossen Ganglien der Formatio reticularis (Nuclei medialis et reticularis) zu dem vorderen Vierhügel und zum Grau des III. Ventrikels. Ursprung und Schicksal derselben bedarf noch weiterer Prüfung. Einige der degenerierten Fasern lagen, wie ebensolche Präparate von *F. Teljatnik* mir gezeigt haben, an dem Aussenrande der Schleife auf der entsprechenden Seite, doch konnten solche nur in geringer Ausdehnung nachgewiesen werden, nämlich von der unteren Brückengegend bis zum Proximalende der oberen Olive, und handelte es sich hier vielleicht um Kleinhirn-Oberolivenfasern (s. weiter unten). Über Degeneration des hinteren Längsbündels, der Schleife und gewisser Gehirn-

nerven nach Beschädigungen des Cerebellum s. bei der Beschreibung dieses Hirnteiles.

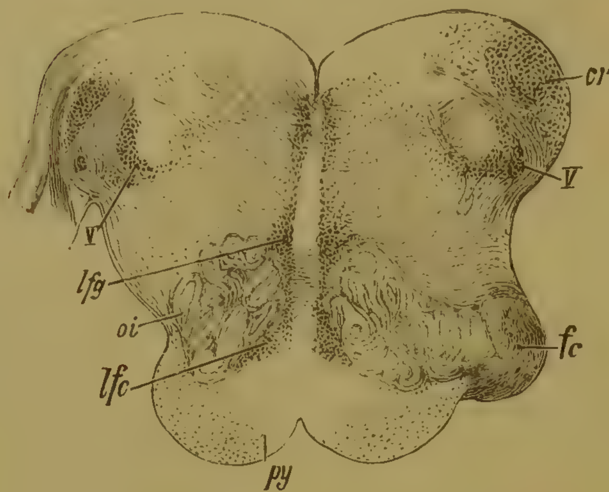



Fig. 277.
Durchschnitt des Gehirns einer menschlichen Frucht von 44 cm Länge. *V* Radix descendens trigemini; *lfg.* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Nucl. funiculi gracilis; *lfc* Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem Keilstrangkern; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis; *fc* Anfangsteil der centralen Haubenbahn; *cr* Corpus restiforme. Färbung nach *Weigert*.

In dem äusseren Felde der Formatio reticularis erhalten zahlreiche Fasern ihre Myelinscheiden nicht vor der letzten Foetalperiode, ja erst im Beginn des extrauterinen Lebens. An dem erwachsenen Gehirn erscheinen sie teils als stärkere, teils als feinere Nervenfasern. Erstere kommen aus der unteren Olive her und treten bereits in der oberen Olivengegend zu einem ansehnlichen geschlossenen Bündel zusammen, welches in dem Raum zwischen unterer Olive und Aussenfläche des verlängerten Markes seine Lage hat.

Dieser Faserzug, von mir als centrale Haubenbahn (Fig. 274, 277, 278, 280 *fc*) beschrieben, geht durch den gesamten Hirnstamm

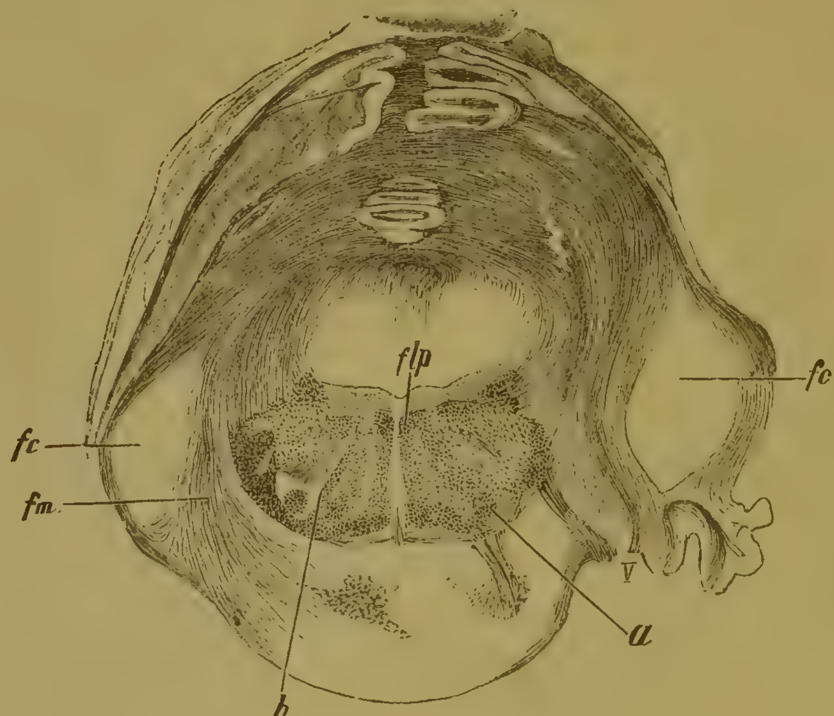



Fig. 278.
Aus dem Gehirn eines Kindes von mehreren Wochen. Färbung nach *Weigert*. *fc* cerebrales, *fm* spinales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; *a* centrale Haubenbahn; *b* Faserzüge aus dem *Deiters*schen Kern; *V* Radix trigemini; *flp* hinteres Längsbündel.

hindurch.*) In der unteren Brückengegend liegt er unmittelbar hinter dem Corpus trapezoides in dem Raume zwischen oberer Olive und Schleifenschicht. Höher aufwärts, entsprechend der mittleren und oberen Brückenregion, findet er sich nahezu central inmitten der Haubenfaserung und hat daher seinen Namen — centrale Haubenbahn —

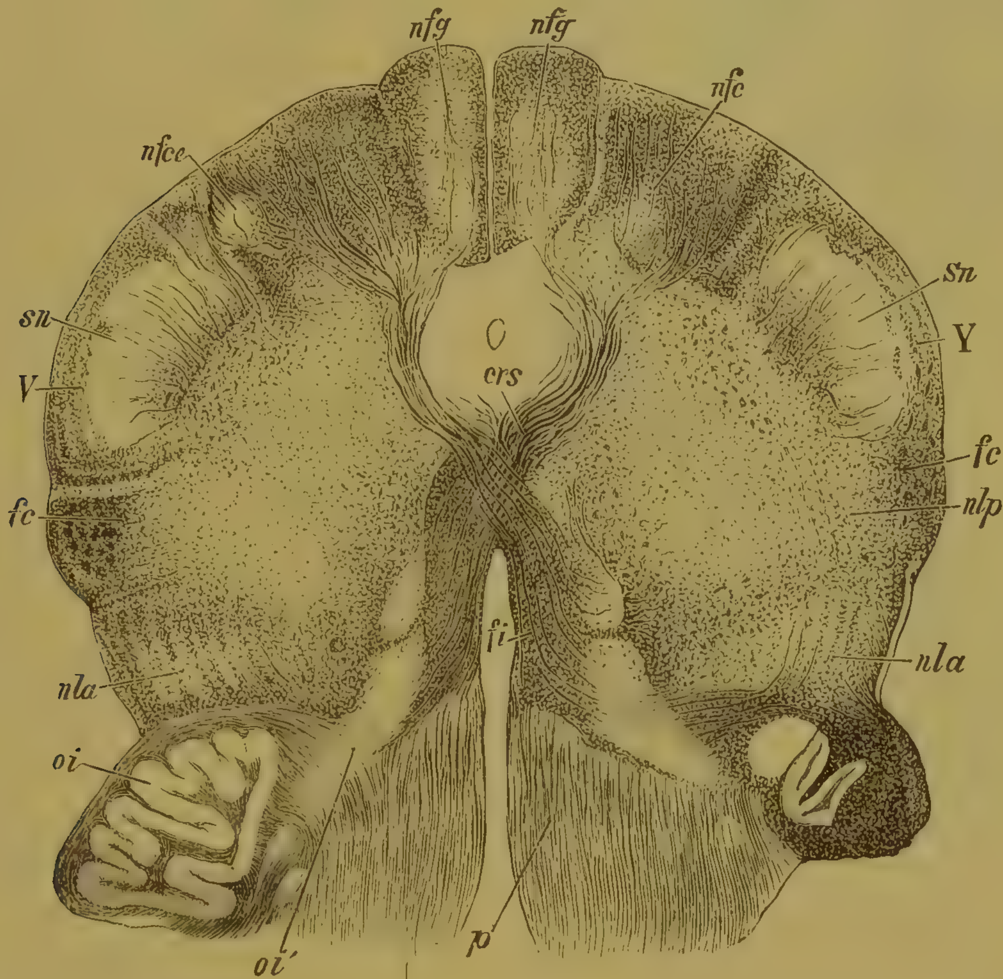



Fig. 279.

Medulla oblongata in der Höhe der Schleifenkreuzung. *p* Pyramide; *oi* untere Olive; *oi'* Nebenolive; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *V* Trigeminus; *Sn* Substantia gelatinosa; *nfce* Teil des lateralen Kernes des Keilstranges; *nfg* Kern des zarten Stranges; *nfc* Kern des Keilstranges; *crs* hintere oder obere Kreuzung; *fi* Olivenzwischenschicht. Nach aussen von *crs* und *fi* findet sich die Substantia reticularis grisea.

erhalten. Weiterhin durchsetzt er die Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel unter dem hinteren Vierhügel, lagert sich sodann in der

*) Die bezügliche Abhandlung von mir erschien 1885. Späterhin (1886) ist *Helweg* auf die centrale Haubenbahn aufmerksam geworden, und in der Folge ist Degeneration derselben nach Läsionen im Bereiche des Hirnstammes wiederholt beobachtet worden.

In Fällen ausgedehnter Destruktionen des Vorderhirns bei Idioten wird Entartung der centralen Haubenbahn und zuweilen gleichzeitig der entsprechenden unteren Olive beobachtet (*Jelgersma*, *Schmidts* Jahrbücher Bd. CCXIX). Derartige Fälle sind mir wiederholt zu Gesicht gekommen; in einem derselben war infolge eines sklerotischen Herdes im Verlaufe der centralen Haubenbahn der ganze absteigende Teil derselben sekundär degeneriert.




Fig. 280.
Schrägschnitt durch den Gehirnstamm in der Richtung von oben-hinten nach vorne-unten. Von einem wenige Wochen alten Kinde. *ncs* Gegend des Nucl. centralis superior internus; *flp* Fasciculus longitudinalis dorsalis; *fc* centrale Haubenbahn; *IV* Trochleariswurzel nach der Kreuzung über dem Aquaedukt; *ll* laterale Schleife; *l* Hauptschleife; *lsp* Schleifenfasern zum Hirnschenkel; *p* Pyramidenbahn; *fsp'* zerstreute feine Fasern der Schleifenschicht; *crca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel. *Weigert.*

vorderen Vierhügelgegend ventrolateral von dem hinteren Längsbündel und noch höher oben — einwärts vom roten Haubenkern und verliert sich schliesslich in der Gegend des III. Ventrikels.*) Abwärts scheint sich die centrale Haubenbahn in den Olivenstrang des Rückenmarkes fortzusetzen.

Zu der centralen Haubenbahn gesellen sich in der Brückengegend Faserzüge, welche von aussen um die untere Olive herumziehend schliesslich zum Rückenmark herabsteigen; dieselben kommen, wie schon erwähnt, aus dem *Deiters*schen Kern und bilden das sogen. laterale Bündel von *Ramón y Cajal* (S. 275) (Fig. 281).

Absteigende Entartung der centralen Haubenbahn ist von mir und anderen Autoren nach Läsionen des Hirnstammes mehrfach beobachtet worden. Daneben fand sich in einem Falle (*Meyer*) Atrophie der grossen Olive und der Olivenrückenmarksbahn. Es stellt somit die centrale Haubenbahn ein absteigendes Fasersystem vor.

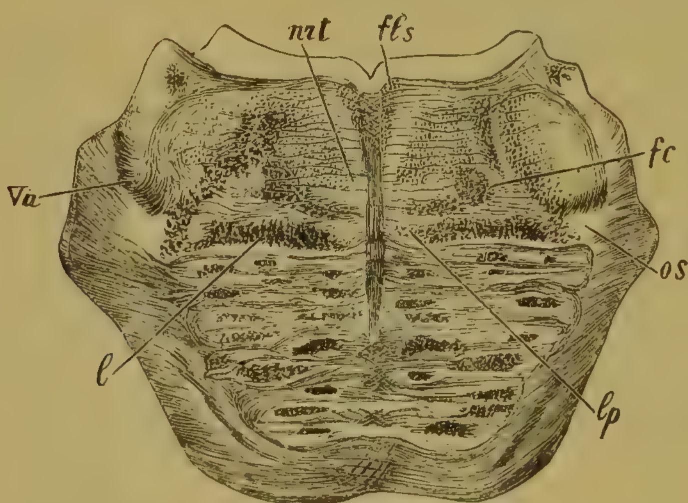



Fig. 281.
Querschnitt durch die untere Hälfte der Brücke von dem Gehirn der Fig. 104. *fls* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *Va* Radix ascendens trigemini; *l* Schleifenschicht; *os* Lage der oberen Olive; *fc* centrale Haubenbahn (dorsal stösst an dieselbe ein Faserzug aus dem *Deiters*schen Kern); *lp* mediale Schleife, auf der anderen Seite entartet.

*) Das obere Ende der centralen Haubenbahn verliert sich nach *Flechsigs* neuesten Ermittelungen im Thalamus opticus. Dies kann ich als sehr wahrscheinlich bestätigen.

**Die feineren Fasern des lateralen Feldes der Formatio reticularis** entwickeln sich grösstenteils etwas frühzeitiger, als die centrale Haubenbahn und erscheinen nicht, wie diese in Gestalt kompakter Bündel, sondern mehr oder weniger gleichmässig zerstreut in dem lateralen Grau der Formatio reticularis (Fig. 282). Im oberen Abschnitt des verlängerten Markes finden sie sich in der Nachbarschaft der aufsteigenden Quintuswurzel und der Seitenstrangkerne, in der unteren Brückengegend aber laterodistal von der oberen Olive in der Nähe des Facialiskerns und einwärts von der Radix ascendens trigemini (Fig. 283). Ohne aus dem seitlichen Felde der Formatio reticularis herauszutreten, lagern sie in der vorderen Vierhügelgegend dorsal bezw. dorsolateral vom roten Kern in der Nachbarschaft des von mir beschriebenen **Nucleus innominatus** (s. oben). Über ihre wahrscheinlichen Beziehungen zu diesem Kern werden weitere Untersuchungen näheren Aufschluss zu bringen haben.

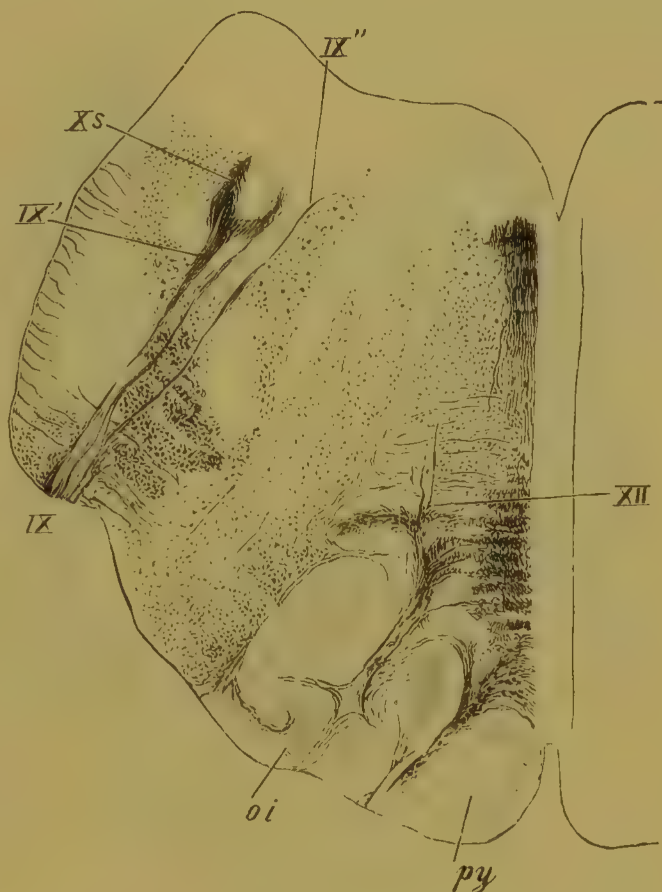



Fig. 282.

Durchschnitt in der Gegend der grossen Olive. Gehirn eines Neugeborenen. Methode von *Weigert*. *IX*, *XII* Wurzeln des Glossopharyngeus und Hypoglossus; *IX'* Glossopharyngeuswurzel zum Fasc. solitarius; *XII'* motorische Wurzel des Glossopharyngeus; *oi* untere Olive; *py* Pyramide.

Cerebralwärts hat der weitere Verlauf der betrachteten Faserzüge bis anhin mit Sicherheit nicht verfolgt werden können, doch unterliegt es keinem Zweifel, dass sie in proximaler Richtung über den vorderen Vierhügel hinausgehen. Auch ihre Ursprungsverhältnisse in der Medulla oblongata sind ausserordentlich schwer zu eruieren. Als wahrscheinliche Ursprungsstätte kann das diffuse Grau des Aussenfeldes der Formatio reticularis genannt werden, möglicherweise kommen daneben die Seitenstrangkerne mit in Frage. Man darf annehmen, dass es sich

hier im wesentlichen um eine centrale Bahn des medialen und des Grundbündels der Seitenstränge des Markes handele.*)

Von beiden Seitenstrangkernen, dem vorderen sowohl wie dem hinteren, gehen längs der Aussenfläche des verlängerten Markes Faserzüge zum kleinen Gehirn (Fig. 284) und gelangen in Gesellschaft der direkten Kleinhirnbahn zum Corpus restiforme, bei dessen Beschreibung sie eingehendere Würdigung erfahren.

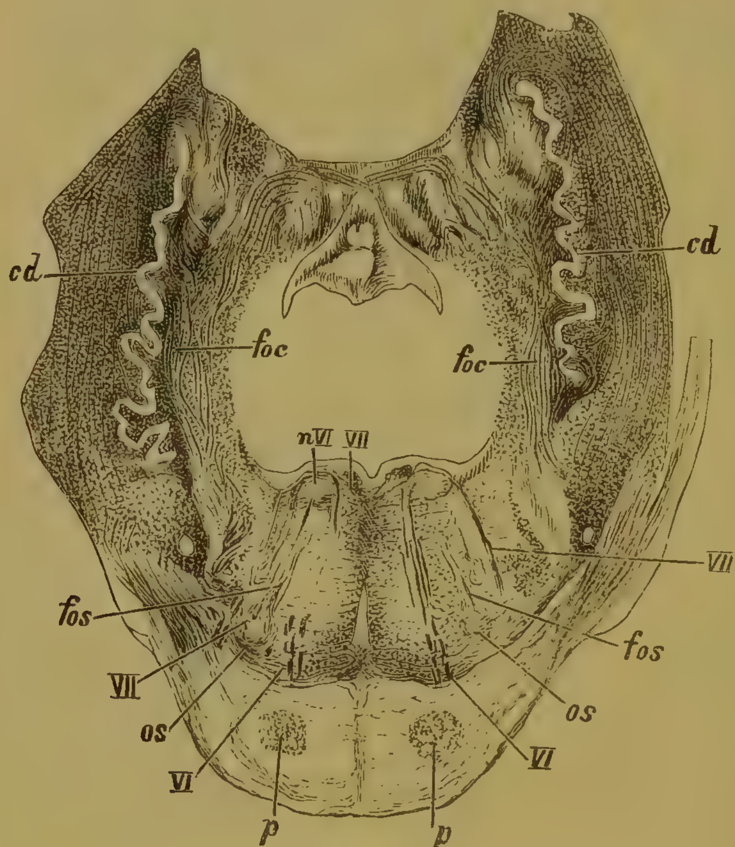



Fig. 283.

Schnitt durch die Brücke eines Neugeborenen. *cd* Corpus dentatum; *fos* Faserzug aus der Oberolive zum Nucleus nervi abducentis; *VII* Facialiswurzel; *os* Oliva superior, ventral davon sieht man Fasern des Trapezkörpers; *VI* Wurzelfasern des Nerv. abducens; *p* Pyramis; *foc* Faserbündel, von der Oberolive zum Dachkern hinaufsteigend und unterhalb dieses sich kreuzend (aussen von *foc* liegt die Faserung des Corpus restiforme); *nVI* Abducenskern. Behandlung nach *Pal*.

Im bisherigen ist von jenen mächtigen Fasersystemen noch nicht die Rede gewesen, welche zu den grauen Kernen der Varolsbrücke unmittelbare Beziehungen besitzen.

Das Brückengrau, welches, wie schon erwähnt, durch in der Raphe aufsteigende Fasern (Fig. 285) mit dem Nucleus reticularis der Haube und mit der Formatio reticularis in Verbindung tritt, steht in ausgedehntem Verkehr mit dem Kleinhirn durch sehr zahlreiche Fasern, die den Pons in querer Richtung durchsetzen und in den mittleren Kleinhirnschenkel eintreten (Fig. 283). Bezüglich derselben kann auf das Kapitel über die Faserung des Kleinhirns und seiner Schenkel hingewiesen werden.

Aber auch mit dem Endhirn, und zwar vorwiegend mit der Rinde der Vorderlappen und der Temporo-occipitalregion, stehen die Brücken-

---

*) Im Anschluss an einen tuberkulösen Herd in der Brückengegend sah *Weidenhammer* absteigende Faserdegeneration medial von der Substantia gelatinosa der aufsteigenden Trigeminuswurzel. Dieselbe konnte distalwärts bis an die Schleifenkreuzung verfolgt werden (Mitteilungen der Gesellschaft der Neuropathologen und Irrenärzte in Moskau, Sitzung am 20. Dezember 1896).

kerne in innigem Zusammenhang. Die frontalen Brückenbahnen verlaufen im medialen, die temporo-occipitalen im lateralsten Felde des Hirnschenkelfusses (Fig. 286 und 287); höher oben liegen jene im vordersten, diese im hintersten Abschnitt des hinteren Schenkels der Capsula interna (Fig. 288) und gehen alsdann zusammen in den Stabkranz der Grosshirnhemisphären über. Erstere wenden sich zu den Stirnlappen, letztere zu den Schläfenhinterhauptlappen des Vorderhirns (das Nähere hierüber s. unten).

Bezüglich des Ursprunges der temporo-occipitalen Brückenbahn ist unter den Autoren noch keine volle Einigkeit erzielt, doch lässt die Untersuchung der Degenerationen nach Beschädigung

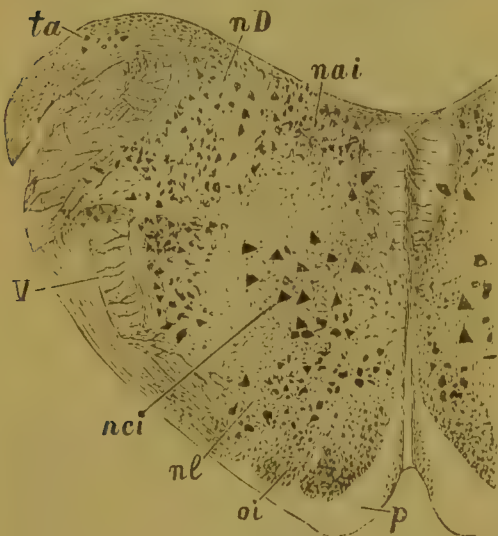



Fig. 284.
Querschnitt des verlängerten Markes vom Hunde. *p* Pyramide; *oi* untere Olive; *nl* Seitenstrangkern; *nci* Nucl. centralis inferior; *V* Radix descendens trigemini; *nD* *Deiters*scher Kern; *nai* medialer Acusticuskern; *ta* Tuberculum acusticum. — Karminpräparat.

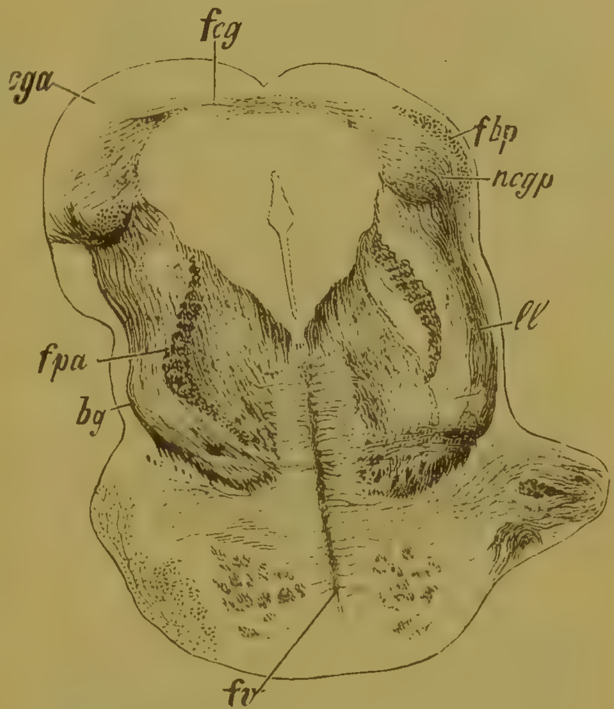



Fig. 285.
Schrägschnitt durch Vierhügel und Brücke eines fast vollständig ausgetragenen menschlichen Foetus. *ll* laterale Schleife; *ncgp* Kern des distalen Vierhügels; *fbp* Fasern des Brachium posterius aus dem Kern des hinteren Vierhügels; *fcg* Faserkreuzung über dem Aquaedukte in der Gegend des vorderen Vierhügels; *cga* Corpus quadrigeminum anterius; *fpa* vorderer Kleinhirnschenkel; *bg* Schleifenfasern zum Vierhügel; *fv* Fasciculus verticalis pontis.

der Hirnrinde beim Hunde (*Herwer* in meinem Laboratorium) keinen Zweifel übrig, dass es sich hierbei um die Rinde der temporalen und eines Teils der occipitalen Windungen handelt. Nach Läsionen im Bereiche der Hemisphären degenerieren die in Rede stehenden Systeme, von welchen das eine als frontale, das andere als temporo-occipitale Endhirnrindenbrückenbahn unterschieden werden kann, in absteigender Richtung hart bis zu den vorderen Teilen des Pons, woselbst auch die graue Substanz in diesen Fällen atrophisch gefunden wird.*)

*) Dank der Autorität *Charcots* behauptete sich in der Wissenschaft durch lange Zeit das Dogma, dass die Fasern des äusseren Abschnittes der Hirnschenkel-

Sie entspringen sonach augenscheinlich in den Stirn- und Schläfenlappen des Vorderhirns und endigen in den vorderen Abschnitten der Brücke. Die eine Bahn verläuft in dem medialen Felde des Hirnschenkelfusses und geht zum ventralen und ventro-medialen Brückengrau, die andere im lateralen Felde desselben und zieht zu den dorsalen und dorsolateralen Brückenganglien. Ein Teil der frontalen Bahn geht indessen,

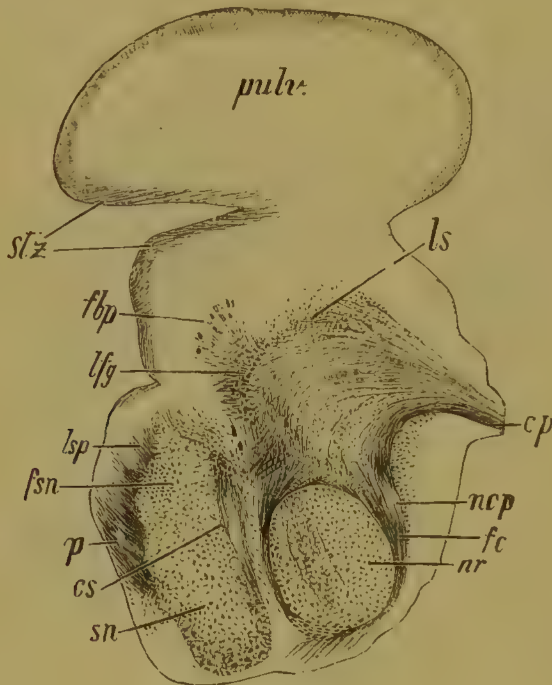



Fig. 286.

Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Brachium posterius; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus.

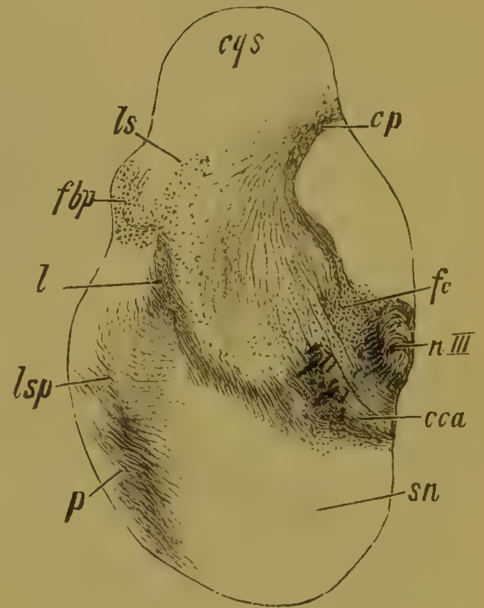



Fig. 287.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbahn, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* vorderer Kleinhirnarm; *nIII* Kern des Oculomotorius; *fc* centrale Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleife ist die Lage des Nucl. innominatus.

wie *Lazurski* in meinem Laboratorium nachgewiesen hat, in kontinuierlichem Zuge zur Haube bezw. zum Nucleus reticularis derselben. An Durchschnitten des kindlichen Gehirns sieht man in der Gegend der Abducenswurzeln, wo jener Übergang leicht zu verfolgen ist, ein kleines kompaktes Bündel aus den ventralen Längsfaserzügen der Brücke in unmittelbarer Fortsetzung derselben hervorgehen. Nach innen von der

basis niemals in absteigender Richtung entarten, da hier aufsteigende sensorische Bahnen verlaufen sollten. Doch habe ich selbst eine Reihe von Fällen dieser Art mitgeteilt und sind meine Befunde späterhin von anderen Autoren bestätigt worden.

Pyramidenbahn gelegen, wendet sich dasselbe dorsalwärts parallel dem Fasciculus verticalis der Brücke und schneidet die Schleife etwa zwischen ihrem inneren und mittleren Drittel, medial von der Wurzel des Abducens, zieht sodann in der gleichen Richtung innerhalb der Haube weiter und verliert sich schliesslich unter allmählicher Verschmächtigung in dem dorsolateralen Abschnitt des Nucleus reticularis.

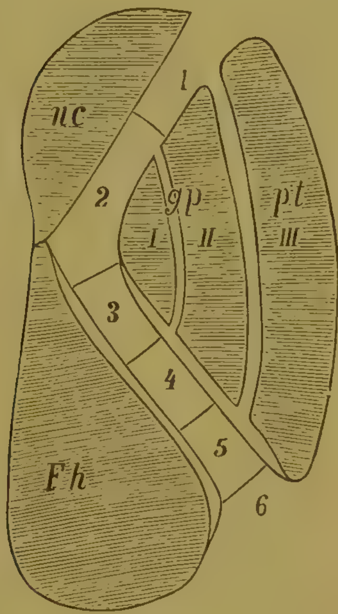



Fig. 288.
Schema der topographischen Verteilung der Faserzüge in der Capsula interna. *nc* Nucleus caudatus; *gp* Globus pallidus; *pt* Putamen nuclei lenticularis. 1 Faserzüge des vorderen Thalamusschenkels; 2 frontale Endhirnrindenbrückenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter abwärts die mediale accessorische Schleifenbahn bildend; 4 Pyramidenbahn; 5 sensorische Bahnen, weiter abwärts die zerstreuten accessorischen Bündel der Schleifenschicht darstellend; 6 temporo-occipitale Endhirnrindenbrückenbahn.

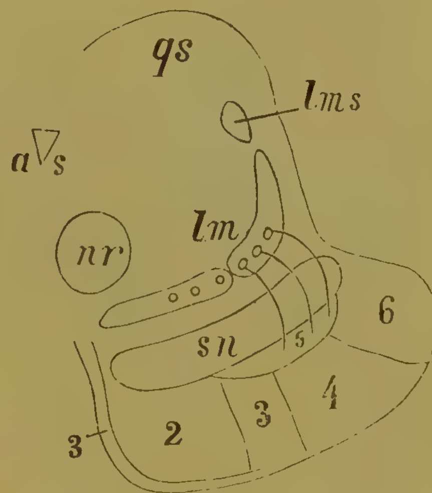



Fig. 289.
Die Basis des Grosshirnschenkels. Schematischer Querschnitt. *qs* vorderer Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *sn* Substantia nigra; *lm* Schleife (ihr innerer Abschnitt entstammt vorwiegend den Keilstrangkernen, ihr äusserer den Kernen der zarten Stränge); *lms* obere Schleife aus dem hinteren Vierhügelganglion; 6 temporo-occipitale Brückenbahn; 4 Pyramidenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter unten die mediale accessorische Schleife erzeugend; 2 frontale Brückenbahn; 5 sensorische Hirnnerven, die feinfaserigen zerstreuten Bündel der Schleifenschicht bildend.

Denkt man sich nun einen Durchschnitt des Hirnschenkelfusses in der Ebene des vorderen Vierhügels (Fig. 289), so können hier nach den durchtretenden Bahnen vier Hauptfelder von etwas ungleicher Grösse unterschieden werden. Das laterale und das mediale Feld birgt die temporo-occipitale bezw. die frontale Brückenbahn; an das laterale grenzt einwärts das Gebiet der Pyramidenbahn; zwischen dieser und der frontalen Brückenbahn endlich verlaufen Bahnen, welche auf tieferen Quer-

schnitten als mediale accessorische Schleifenbahn oder kurzweg als mediale Schleife sich darstellen (s. unten). Das letztgenannte Feld scheint daneben die Sprachbahn einzuschliessen, welche den distalen Teil der unteren Stirnwindung mit dem Hypoglossuskern der Medulla oblongata in Verbindung setzt.*)




Fig. 290.
Schnitt durch die Grosshirnschenkel eines 2 Monate alten Kindes. Behandlung nach *Pal. pv* Pulvinar; *cge* Corpus geniculatum externum; *cgi* Corpus geniculatum internum; *l* Schleifenschicht; *cp* hintere Kommissur; *fe* früh ummarktes Bündel im lateralen Teil des Hirnschenkels; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *fi* früh entwickeltes Bündel im medialen Abschnitt des Hirnschenkels; *lp* mediale Schleife.

An Präparaten, die Herr *F. K. Teljatnik* in meinem Laboratorium gefertigt, finde ich, dass sowohl in dem frontalen, wie in dem temporo-occipitalen System des Hirnschenkelfusses der Entwickelung nach jüngere und ältere Fasern vorkommen und dass somit in jedem derselben je zwei verschiedene Bündel zu unterscheiden sind. Dieses Verhalten scheint auf einen verschiedenen Ursprung in dem Vorderhirn hinzuweisen. Die Frage bedarf noch einer einlässlichen Untersuchung, doch kann schon jetzt bemerkt werden, dass die jüngeren Fasern der frontalen Brückenbahn aus dem Corpus striatum, die späteren aus der Rinde herzukommen scheinen.

Weiter proximalwärts tritt auf Durchschnitten des Hirnschenkels ein besonderer absteigender Faserzug auf, welcher von der Substantia

*) *Dejerine* kommt, gestützt auf Untersuchungen an 23 Hirnen mit alten Erweichungsherden in der Rinde und im Mark, zu dem Ergebnis, dass sämtliche Faserbestandteile des Hirnschenkels absteigend entarten können, es sich also hier um Bahnen handele, die in der Rinde selbst ihren Ursprung haben. Teile man den Hirnschenkel in 5 Abschnitte, so seien in dem medialen Fünftel die Bahnen aus dem Operculum und zwar aus dessen dorsalem und frontalem Gebiet enthalten. Die Fasern des äussersten bezw. lateralen Fünftels entspringen aus der mittleren Schläfengegend, speziell aus der II. und III. Schläfenwindung, verlaufen dorsal vom Linsenkern und erreichen die innere Kapsel erst in der Regio hypothalamica, infolgedessen sie seltener entarten. Die in den mittleren drei Fünfteln durchtretenden Systeme entsprechen im allgemeinen den Centralwindungen, dem Lobulus paracentralis und dem vorderen Teil des Scheitellappens. Je weiter nach hinten ein Rindenbezirk liege, umso weiter lateralwärts seien die hinzugehörigen Fasern im Hirnschenkel zu finden.

nigra in cerebraler Richtung verläuft. Derselbe liegt teils im lateralen Teil der Substantia nigra selbst, teils in dem sog. Stratum zonale intermedium *Meynert* und scheint die Substantia nigra mit der Endhirnrinde und vielleicht auch mit dem Nucleus caudatus in Verbindung zu setzen. Die Substantia nigra steht vorzugsweise mit den hinteren-lateralen Stirnwindungen und den unmittelbar über der Fossa Sylvii befindlichen Rindengebieten in Zusammenhang (s. unten).

Die Substantia nigra tritt aber auch zu distaleren Hirnteilen in Beziehungen, indem sie Faserzüge zur Haube und wie es scheint auch zum Hirnschenkel abgiebt. Solche Elemente sind sowohl an *Weigert-Pal*schen, wie an *Golgi*schen Präparaten leicht nachweisbar, wo man viele Neuriten aus Zellen der Substantia nigra spinalwärts zur Haube abgehen sieht. Sie besitzt ferner fraglos Beziehungen zur Schleife, was u. a. durch Beobachtung der Degenerationen bewiesen wird. In einem von *Werdnig* mitgeteilten Fall von Konkrementbildung in der rechten Hälfte der Substantia nigra fand sich auf- und absteigende Degeneration der Schleife und partielle des Hirnschenkelfusses. Man könnte hieraus auf einen Zusammenhang der Substantia nigra mit dem Hirnschenkel schliessen, doch liegen hierfür noch keine vollgiltigen Beweise vor.




Fig. 291.
Schrägschnitt durch den Gehirnstamm in der Richtung von oben-hinten nach vorne-unten. Von einem wenige Wochen alten Kinde. *Weigert*sche Methode. *ncs* Gegend des Nucl. centralis superior internus; *flp* Fasciculus longitudinalis dorsalis; *fc* centrale Haubenbahn; *IV* Trochleariswurzel nach der Kreuzung über dem Aquaedukt; *ll* laterale Schleife; *l* Hauptschleife; *lsp* Schleifenfasern zum Hirnschenkel; *p* Pyramidenbahn; *fsp'* zerstreute feine Fasern der Schleifenschicht; *crca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel.

Endlich begeben sich aus der Substantia nigra, insbesondere aus deren lateralem Abschnitt, ziemlich zahlreiche Fasern durch die Schleifengegend zum vorderen Vierhügel (Fig. 292). Über die Endstätte derselben sind bisher keine endgiltigen Aufschlüsse gewonnen worden, wie denn überhaupt die Verbindungen der Substantia nigra noch ziemlich wenig bekannt sind und vieles nach dieser Richtung zukünftigen Untersuchungen vorbehalten bleibt.

In der Substantia nigra findet sich ein reiches Geflecht von Fasern unbestimmten Ursprunges. Bei bestehender Degeneration im Fusse des

Hirnschenkels erscheint der Plexus substantiae nigrae häufig unversehrt. *Mingazzini* glaubt hieraus den Schluss ziehen zu sollen, dass das genannte Geflecht sich nicht aus Hirnschenkelfasern herleite, eine Ansicht, die jedenfalls der Bestätigung bedarf.

Ich wende mich nun zur Beschreibung der centralen Leitungsbahnen der Gehirnnerven.

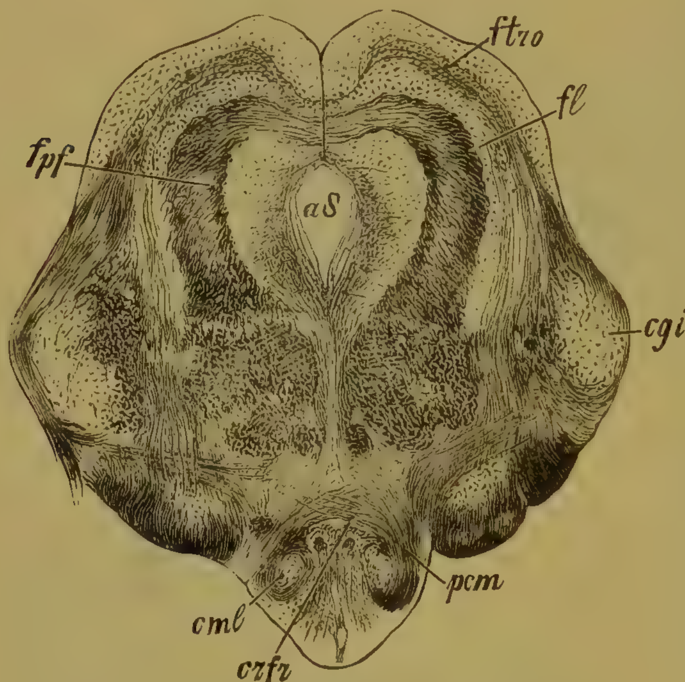



Fig. 260.

Schnitt durch die Gegend des vorderen Vierhügels vom Kaninchen. Behandlung nach *Weigert*. *ftro* Opticusfasern im vorderen Vierhügel; *fl* Schleifenfasern im vorderen Vierhügel; *cgi* Corpus geniculatum internum; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *cml* Corpus mammillare; *crfr* Kreuzung von Fasern nach ihrem Austritt aus dem Corpus mammillare; *fpf* tiefe Markfasern im vorderen Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii.

Durchmustert man Schnitte aus verschiedenen Gegenden des verlängerten Markes und der Varolsbrücke, so gewahrt man zahlreiche Bogenfasern, die in querer Richtung die Formatio reticularis durchziehen und in der Raphe zusammentreffen (Fig. 293, 294, 295).

Diese Bogenfasern kommen teils aus den Hinterstrangkernen und werden zu Bestandteilen der schon beschriebenen hinteren Kreuzung; teils sind es solche der unteren Olive, die, wie bei einer späteren Gelegenheit ausführlicher gezeigt wird, zum Corpus restiforme aufsteigen. Die Mehrzahl der übrigen besteht einerseits aus kreuzenden Fasern der Formatio reticularis selbst, andererseits aus Abkömmlingen von Hirnnervenkernen (Fig. 296 und 297).

Aus fast allen Hirnnervenkernen werden als Fibrae arcuatae internae Faserzüge zur Raphe abgegeben. Dieselben gehen teilweise zweifellos in die anderseitigen Wurzeln über, sofern natürlich überhaupt eine Kreuzung der Nerven statthat. Sehr viele von ihnen aber bleiben den Wurzeln fremd*) und es fragt sich daher: wo liegen ihre weiteren Bahnen und welche Bedeutung kommt ihnen zu?

*) Sie erweisen sich thatsächlich z. T. als lange Äste von Wurzelfasern, z. T. als Neuriten von Hirnnervenkernen (*Held*, Archiv f. Anatomie u. Physiologie, Anat. Abt. 1893).

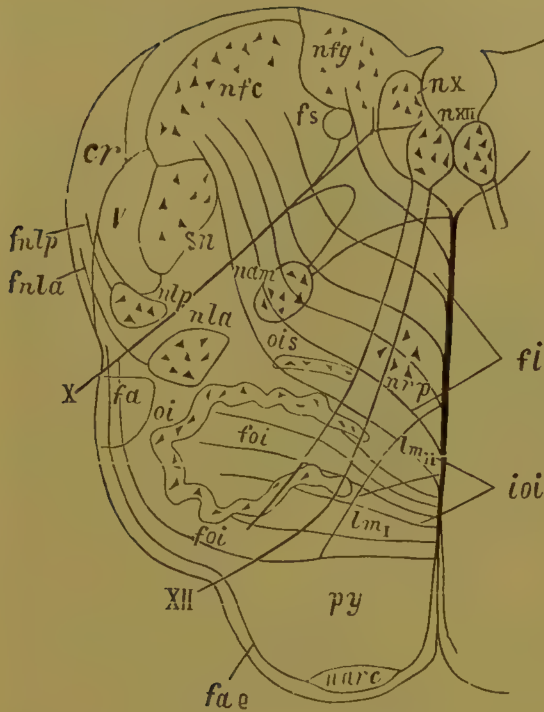



Fig. 293.

Die Wurzeln des Vagus und Hypoglossus und die Olivenzwischenschicht. Schema. *X* Wurzel des Nerv. vagus; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *nX* Nucleus nervi vagi; *nXII* Nucleus nervi hypoglossi; *fs* Fasciculus solitarius; *nam* Nucleus ambiguus; *nla* vorderer, *nlp* hinterer Seitenstrangkern; *fnla, fnlp* Fasern aus den Seitenstrangkernen zum Corpus restiforme; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *cr* Corpus restiforme; *nfc* Nucl. funiculi cuneati; *nfg* Rest des Nucl. gracilis; *oi* Oliva inferior; *ois* obere Nebenolive; *nrp* Nucl. funiculi anterioris; *py* Pyramide; *ioi* Olivenzwischenschicht; $lm_{I}$ Fasern der Olivenzwischenschicht aus dem kontralateralen Keilstrangkerne, weiter oben den lateralen Abschnitt der Hauptschleife darstellend; $lm_{II}$ Faserzüge der Olivenzwischenschicht aus dem kontralateralen Nucl. funiculi gracilis, weiter oben den medialen Abschnitt der Hauptschleife bildend; *narc* Nucl. arciformis; *fac* Fibrae arcuatae externae, hervorgegangen aus dem Nucl. funic. gracilis entstammenden Fasern der oberen Kreuzung; *fi* Fibrae arcuatae internae; *fa* Lage des aus dem hinteren Teil des Seitenstranggrundbündels kommenden aberrierenden Bündels der Medulla oblongata; *foi* Faserzüge aus der Olive zum Corpus restiforme.

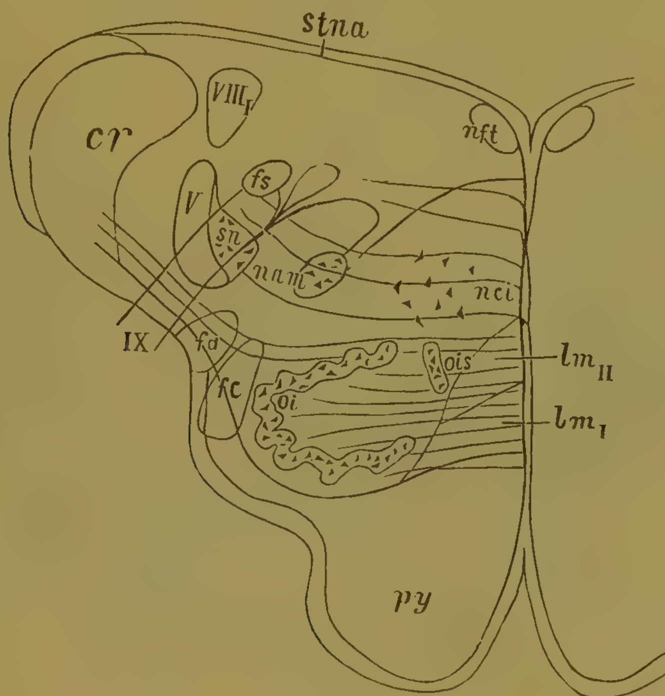



Fig. 294.

Schema der Wurzeln des IX. Gehirnnerven. *cr* Corpus restiforme; $VIII_{I}$ Radix ascendens acustici; *nft* Nucl. funiculi teretis; *IX* Wurzeln des Glossopharyngeus; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *fs* Fasciculus solitarius; *fa* Lage des aberrierenden Bündels der Oblongata. Einwärts von *fs* ist ein besonderer auf S. 158* beschriebener Kern angedeutet.




Fig. 295.

Die Faserung des Trigeminus, Abducens und Facialis. Schema. *cr* Corpus restiforme; *nVd* Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel; *Vd* absteigende Trigeminuswurzel; *ns* sensorischer Kern des Trigeminus; *nVm* motorischer Kern des Trigeminus; *V* Stamm des Trigeminus; *Vm* motorische oder vordere Wurzel des Nerv. trigeminus; *Va* aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *nVI* Kern des Abducens; *VI* Wurzel des Abducens; *VIIa* aufsteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIIc* absteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIIb* Knie der Facialiswurzel; *tr* Trapezkörper; *ntr* Trapezkern; *os* obere Olive; *fos* Faserzüge von der Oberolive zum Abducenskern; *fl* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; $lm_I$, $lm_{II}$ Schleifenschicht; *fc* centrale Haubenbahn; *po* Pons Varolii; *py* Pyramidenbahn innerhalb der Brücke.

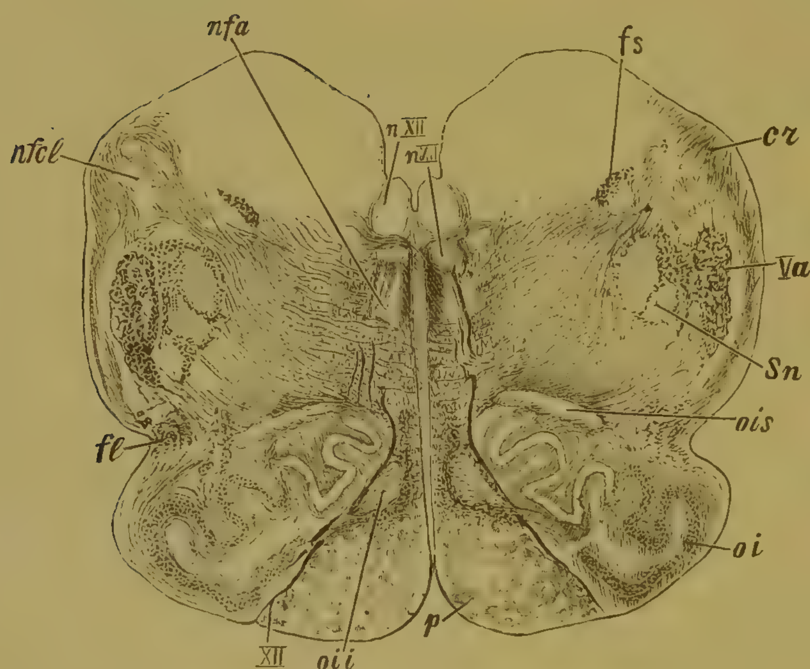



Fig. 296.

Querschnitt durch die Oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven. *fs* Fasciculus solitarius; *cr* Corpus restiforme; *Va* Radix ascendens Trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *ois* obere Nebenolive; *oi* untere oder grosse Olive; *p* Pyramide; *oii* mediale Nebenolive; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *fl* aberrierendes Bündel der Oblongata; *nfcl* lateraler Kern des Keilstranges; *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

Die Betrachtung erwachsener und kindlicher Hirne führt zu dem Ergebnis, dass die in Rede stehenden Fasern, nachdem sie sich mit

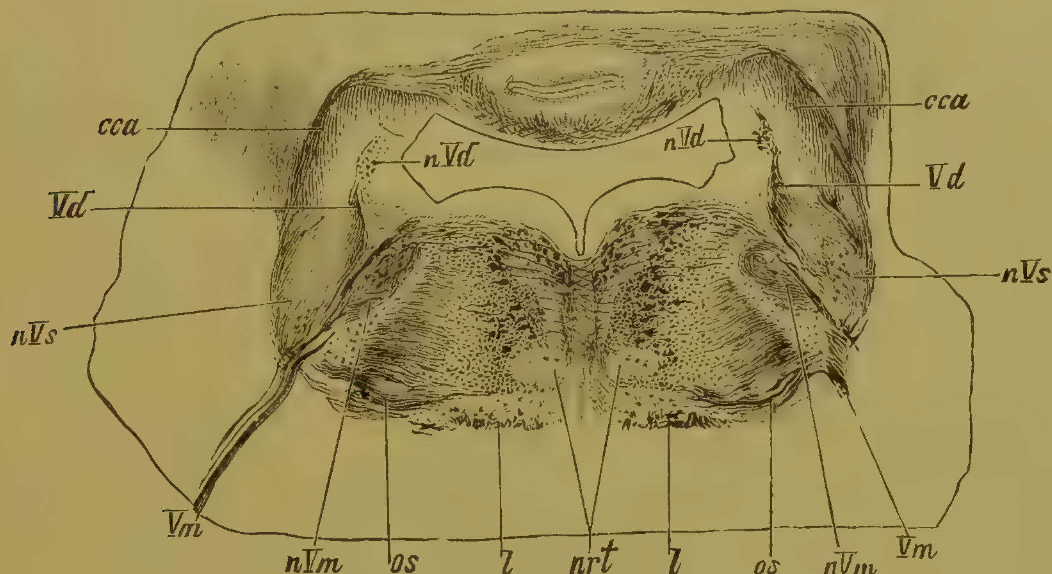



Fig. 297.

Schnitt aus dem Gehirn einer 9monatigen menschlichen Frucht. *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *Vd* Radix descendens trigemini; *nVs* sensorischer Kern des Trigeminus; *Vm* motorische Trigeminuswurzel; *nVm* motorischer Kern des Trigeminus; *os* Oliva superior; *l* Schleifenschicht; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *nVd* bläschenförmige Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel. Behandlung nach *Weigert*.

den anderseitigen gekreuzt, in der Raphe eine Strecke weit ventralwärts verlaufen und sodann nach den Seiten hin aus derselben heraustreten. Andererseits vermag man an Hirnen des frühesten Kindesalters zu eruieren, dass die aus den motorischen und sensorischen Kernen hervorgehenden Bogenfasern frühestens einige Wochen nach der Geburt Markscheiden aufnehmen, zu einer Zeit, wo in der Schleifenschicht bezw. in der Hauptschleife nahezu in deren




Fig. 298.

Gegend der Schleifenschicht von dem Gehirn eines 2—3 Monate alten Kindes. Starke Vergrösserung. *l* Schleifenschicht; *lm* zerstreute Bündel absteigender Fasern innerhalb der Schleifenschicht; *fv* Fasciculus verticalis, das Brückengrau mit dem Nucl. reticularis, der Formatio reticularis und dem hinteren Vierhügel verbindend. Die hinter der Schleifenschicht sichtbaren Fasern steigen zum Vierhügel empor.

gesamter Ausdehnung zerstreute zarte Elemente myelinhaltig werden. Es erscheint daher die Annahme gerechtfertigt, dass die aus den Kernen sensibler Gehirnnerven (Vagus, Trigeminus u. s. w.) hervorgehenden Fasern in der Schleife weiterziehen, welche sonach zum Teil als centrale Gehirnnervenbahn sich darstellen würde. Diese Verhältnisse treten besonders in der Gegend des sensiblen Trigeminuskernes mit grösser Deutlichkeit hervor. An geeigneten Durchschnitten derselben vermag

Fig. 299.

**Schematische Darstellung der peripheren und centralen Geschmacksleitung.** *gs* Glandula submaxillaris; *nl* Nervus lingualis; *pc* Papillae circumvallatae; *V, VII, IX* Wurzeln der entsprechenden Hirnnerven; $V_I$, $V_{II}$, $V_{III}$ die drei Äste des Nerv. trigeminus; *pa* Pes anserinus; *na* Nervus auricularis; *fst* Foramen stylo-mastoideum; *cht* Chorda tympani; *nps* Nervus petrosus superficialis major; *gsp* Ganglion spheno-palatinum; *gV* Ganglion Gasseri; *ccal* Corpus callosum; *fg* Geschmacksbahnen zur Endhirnrinde.

man unmittelbar zu beobachten, wie aus dem sensorischen Kern des Trigeminus hervorgehende Faserzüge sich zwischen den vorderen Kleinhirnschenkeln in der Raphe kreuzen und sodann nach und nach zur Schleifenschicht hinabsteigen (Fig. 297).

Da zum Geschmackssinn, wie hier sofort zu bemerken ist, ausser dem Glossopharyngeus der Nervus lingualis, ein Ast des Trigeminus in Beziehung steht, so hat man sich die centrale Geschmacksleitung als Bahnen vorzustellen, die centralwärts aus den Kernen des Glossopharyngeus und Trigeminus hervorgehen (Fig. 299).*)

*) Nach Ansicht von *Gowers* soll sogar die gesamte Geschmacksfaserung mit dem Trigeminus zum Gehirn gelangen, doch ist die Möglichkeit des Verkommens

Bei niederen Organismen können die centralen Bahnen der sensiblen Nerven nach Lage und Verlauf ein anderes Verhalten zeigen, als bei den höheren Tieren und beim Menschen. Ferner darf nicht verschwiegen werden, dass mit den vorhin angeführten Bahnen die gesamte centripetale Leitung aus den sensorischen Hirnnervenkernen wahrscheinlich nicht ganz erschöpft ist. Als Bestandteile dieser Leitung sind vielmehr gewisse Faserbündel der Formatio reticularis noch in Erwägung zu ziehen. Volle Beachtung verdienen hier die neuen Darstellungen *Ramóns* über die centralen Leitungsbahnen des Trigeminus. Die Neuriten der grossen Ganglienzellen der Substantia gelatinosa und des sensorischen Quintuskernes zweigen sich in der Regel aus der Basis eines Dendriten in bogenförmigem Zuge nach innen ab. Unter Abgabe zweier oder mehrerer Kollateraläste an die Substantia gelatinosa bezw. an die Substantia reticularis grisea erreicht der Fortsatz die Raphe, durchsetzt in wechselnder Höhe zumeist den dorsalen Teil der letzteren und verläuft sodann aufsteigend in der medialen bezw. Hauptschleife der anderen Seite. Andere solche Fortsätze gelangen nicht zur Kreuzung, sondern biegen am Distalrande der Substantia reticularis grisea um und erzeugen in der Nähe des Facialisknies eine vertikale sensorische Bahn. Noch andere Neuriten der Substantia gelatinosa spalten sich und gehen mit einem Teilungsast in die centrale Bahn der gleichen, mit dem zweiten in die centrale Bahn (Schleife) der anderen Seite über. Während ihres Verlaufes lösen sich von ihnen Kollateralen ab, insbesondere in der Gegend unter den Kernen der motorischen Nerven (Facialis und Vagus). Der Trigeminus würde hiernach zwei centrale Bahnen besitzen, nämlich eine gekreuzte in der Schleife und eine ungekreuzte in dem dorsalen Felde der Formatio reticularis. Ein ähnliches Verhalten nimmt *Ramón y Cajal* für den centralen Verlauf des Vago-glossopharyngeus an.

Aus der centralen Leitung des Trigeminus entspringen Kollateralen zu dem dorsalen Kern dieses Nerven, aber auch zu den Kernen des Vago-glossopharyngeus und Facialis.

Auch vom Acusticus führen ausser den schon beschriebenen noch andere Wege zu den Hemisphären des Endhirns. Von dem centralen Verlaufe des Ramus cochlearis dieses Nerven wird weiter unten die Rede sein. Hier aber ist des Umstandes zu gedenken, dass aus den Endstätten des Ramus vestibularis, also aus dem Hauptkern des N. vestibularis, dem *Deiters*schen Kern und wahrscheinlich auch aus dem Nucl. medialis s. triangularis Faserzüge nach innen zur Raphe

noch anderer sensorischer Bahnen in dem intracerebralen Teil des Glossopharyngeus durch diesen Satz immerhin nicht ausgeschlossen.

sich begeben und nach geschehener Kreuzung in das hintere Längsbündel der anderen Seite eintreten. Sie stellen höchstwahrscheinlich eine centrale Bahn jener Kerne vor (mediale Bahn des *Deiters*schen Kernes von *Ramón y Cajal*, Fig. 300).

Weitere Aufschlüsse über die centralen Bahnen der sensorischen Gehirnnerven gewähren Untersuchungen nach der *Golgi*schen Methode. Die Neuriten aus den primären Endstätten der sensiblen Hirnnerven (hinterer Acusticuskern, Substantia gelatinosa, Ala cinerea, sensorischer

Fig. 300.

Querdurchschnitt des verlängerten Markes der Maus in der Höhe des *Deiters*schen Kerns und des Corpus trapezoides. Nach *Ramón y Cajal*. *A* hinteres Längsbündel; *M* Kern des Abduceus; *B* und *D* Wurzelfasern des Facialis; *P* sensorische Rindenbahn des verlängerten Markes; *N* unterer Kleinhirnschenkel; *J* *Deiters*scher Kern; *G* Nucleus accessorius s. anterior; *F* Trapezkörper.

Kern des Trigeminus, Hauptkern des Nerv. vestibularis, Locus coeruleus) gesellen sich (*Held* in *Flechsigs* Laboratorium) zu den durch direkte Verästelung von Wurzelfasern der genannten Nerven entstehenden inneren Bogenfasern und bilden somit einen zweiten wesentlichen Bestandteil der letzteren. Wie weit jene sich ausbreiten, bleibt unentschieden; diese jedoch gehen nach *Held* in folgende Systeme über: 1. in die Vorderseitenstrangreste zu beiden Seiten der Mittellinie; 2. in die kontralaterale Hälfte der Olivenzwischenschicht, und 3. in die gleichseitigen lateralen Felder der Formatio reticularis. Zu der

ersten Gruppe gehören die Fibrae arcuatae dorsales, sie stellen eine cerebro-spinale Bahn vor; zu der zweiten — die Fibrae arcuatae ventrales. In beiden Fällen handelt es sich eigentlich um einen direkten Übergang querverlaufender Neuriten in Längsfasern. Auf ihrer Bahn geben sie in der Regel mehrere Kollateralen zur Formatio reticularis ab. Die Fasern der erwähnten lateralen Felder der Formatio reticularis entwickeln sich im wesentlichen als Neuriten aus Zellen der seitlichen grauen Massen des Hirnstammes, teils der primären Endstätten der sensiblen Nerven, teils der angrenzenden Formatio reticularis grisea. Da diese Zellen durch ihre Dendriten in Kontakt treten mit Kollateralen und Endverästelungen der Wurzelfasern, so haben sie offenbar ebenfalls die Bedeutung von Systemzellen sensibler Gehirnnerven. In vielen Fällen spaltet sich ihr Neuraxon in mehrere Äste mit auf- und absteigendem Verlauf, in anderen Fällen zeigt er einfache Bifurkation. Die absteigenden Fasern laufen hier parallel den absteigenden sensiblen Wurzelfasern, die aufsteigenden entsprechen der Vierhügelschleife der Autoren. Ein Teil dieser Fasern kommt übrigens schon in dem motorischen Trigeminuskern zur Verästelung und stellt somit eine reflektorische Bahn dar; die übrigen erreichen das Mittelhirn, um hier zu endigen.

Unter den sekundären absteigenden Bahnen nehmen eine Sonderstellung ein diejenigen des Nerv. vestibularis und trigeminus. Die sensible cerebro-spinale Bahn des ersteren soll durch ein Bündel gegeben sein, welches aus dem *Deiters*schen Kern zum Seitenstrange abgeht. Als cerebro-spinale Bahn des letzteren gilt seine aufsteigende Wurzel.*)

In Beziehung auf den weiteren intracerebralen Verlauf der sensorischen Bahnen steht es dahin, ob sie in den basalen Ganglien (Thalamus, Globus pallidus) Unterbrechungen erleiden, was ja sehr gut

---

*) Was die nicht radikulären, in den primären Kernen der sensiblen Nerven endigenden Fasern betrifft, so treten sie daselbst ebenfalls als Fibrae arcuatae internae ein und können mit Rücksicht auf ihre Abstammung in folgende Gruppen eingeteilt werden:

1. Neuriten von Zellen der Formatio reticularis beider Seiten. Letztere unterscheiden sich durch ihre geringere Grösse von den System- und Strangzellen der Formatio reticularis. Ihre Axonen gelangen nach Abgabe zahlreicher Kollateralen in der Formatio reticularis grisea mit ihren Endverästelungen zu den primären Endstätten der sensiblen Nerven und treten hier in ein von den Wurzeln der letzteren gebildetes Geflecht ein.

2. Kollateralen der Stränge. Sie kommen teils aus den Vorderseitenstrangresten beider Seiten, teils aus den lateralen Feldern der gleichseitigen Formatio reticularis. Während ihres Verlaufes entsenden sie eine grosse Anzahl kollateraler Reiserchen zu den motorischen Kernen.

3. Umbiegende Fasern verschiedener Bündel der Formatio reticularis und u. a. auch der inneren Teile der Vorderseitenstrangreste.

möglich ist. Im Gebiete der inneren Kapsel aber lagern sie zweifellos hinter der Pyramidenbahn, und ziehen aus dem hinteren Drittel des hinteren Schenkels zu den Parietallappen und zu den Centralwindungen hinauf. Dieser letztere Satz kann durch pathologisch-anatomische Erfahrungen und durch physiologische Thatsachen belegt werden. Nach Untersuchungen von *Hösel**) erscheint die hintere Centralwindung als Endstätte des Trigeminus. *Schtscherbak* verlegt, gestützt auf Tierversuche, die Centra der Geschmacksempfindung in das Parietalhirn, woselbst somit die Endigungen des Glossopharyngeus zu suchen wären.**) Betreffs des Nervus vagus vermag ich auf Grundlage einer ganzen Reihe eigener Versuche festzustellen, dass die motorischen Fasern desselben bei Tieren zu dem Gyrus sigmoideus bezw. zu den Centralwindungen in Beziehung stehen. In der Nähe dieser Windungen werden wohl auch die Endigungen der sensiblen Vagusfasern sich finden.

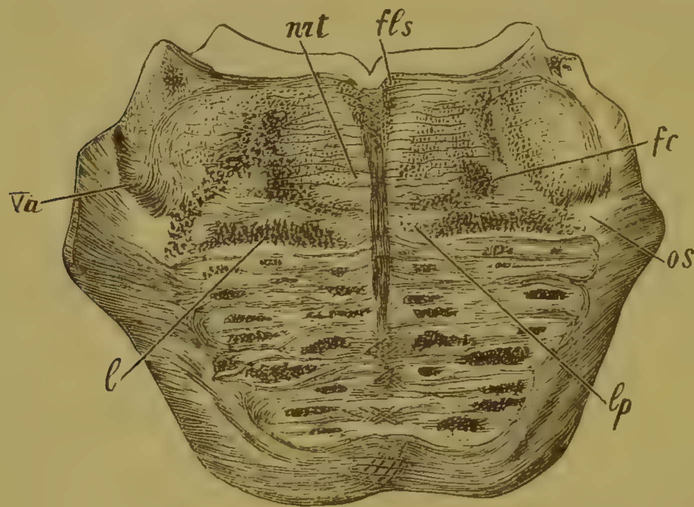



Fig. 301.

Querschnitt durch die untere Hälfte der Brücke von dem Gehirn der Figur 101. *fls* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *Va* Radix ascendens trigemini; *l* Schleifenschicht; *os* Lage der oberen Olive; *fc* centrale Haubenbahn; *lp* mediale Schleife, auf der anderen Seite atrophisch.

Von den Verbindungen der Wurzeln und Kerne sensibler Hirnnerven mit dem Kleinhirn wird an einer anderen Stelle die Rede sein, und es kann hier daher unmittelbar zur Betrachtung der centralen Bahnen der motorischen Gehirnnerven übergegangen werden.

Ein ansehnlicher Teil dieser Bahnen verläuft zweifellos in jenen Zügen der Schleife, die sich zu letzterer aus den Hirnschenkeln gesellen, vor allem in der accessorischen Schleife bezw. in dem mit dieser augenscheinlich identischen lateralen pontinen Bündel *Schlesingers*.

Der Verlauf dieser Faserzüge gestaltet sich folgendermassen.

Die zerstreuten Bündelchen zarter Fasern in der Schleife tauchen zuerst im oberen Abschnitt des verlängerten Markes auf und

*) Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXV.

**) Bezüglich der Lagerung der kortikalen Geschmackscentra werden in der Litteratur, wie beiläufig bemerkt werden darf, auch andere Anschauungen geltend gemacht.

liegen hier in jenem Gebiet der Olivenzwischenschicht, aus welchem sich die Hauptschleife entwickelt. Aufwärts, insbesondere in der mittleren Brückengegend, werden die Bündelchen zahlreicher, ziehen innerhalb der Hauptschleife bis zur Höhe der Hirnschenkel und verlassen hierauf die Schleifenschicht meinen Beobachtungen zufolge durch den äusseren-unteren Teil der Substantia nigra, um sich im Hirnschenkelfusse alvondorsolater der Pyramidenbahn zu lagern (Fig. 291 *lsp*). Noch höher oben gehen sie, stetig lateralwärts hinausrückend, zusammen mit der Pyramidenbahn in den hinteren Schenkel der inneren Kapsel über und begeben sich zu der motorischen Zone der Grosshirnrinde.

Die Auffassung dieser Elemente als centrale motorische Hirnnervenbahnen gründet sich auf der absteigenden Degeneration derselben nach Beschädigung der entsprechenden motorischen Rindencentra. *Trapeznikoff* (mein Laboratorium) beobachtete beim Hunde im Anschluss an Läsionen des kortikalen Schluckcentrums ausser Entartung der Pyramidenbahn konstant solche der Schleife und der Olivenzwischenschicht. Das nämliche sah *Hoche* in einem Falle von Erweichung der linken Hemisphäre bei Unversehrtheit der Ganglien und identificiert die fraglichen degenerierten Schleifenfasern mit meiner accessorischen Schleife und *Schlesinger*s lateralem pontilem Bündel. Klinisch konnte *Hoche* Hemiplegie mit Aphasie und Zungenlähmung nachweisen.

Die accessorische mediale Schleife, welche in der oberen Brückenregion sich von innen her zur Schleifenschicht (Fig. 301 *lp*) gesellt und den am spätesten ummarkten Bestandteil der letzteren darstellt, ist ebenfalls, da sie nach Gehirnläsionen ausnahmslos absteigend degeneriert, als eine motorische Bahn anzusehen und möglicherweise als centrale Bahn motorischer Gehirnnerven. Dafür spricht einerseits das Auftreten sekundärer Degeneration in dieser Bahn bei Hirnaffektionen (Fig. 301—303 *lp*), andererseits die auffallende Entwickelung derselben bei Tieren, denen die Pyramidenbahnen fehlen.*) Am umfangreichsten erscheint sie bis zur Höhe des N. trigeminus, kann aber noch viel weiter abwärts zu den oberen Abschnitten der Medulla oblongata verfolgt werden. Sie kommt zweifellos unmittelbar aus der Hirnrinde her, da sie in einem meiner Fälle nach umfangreicher Rindenerweichung bei Unversehrtheit der basalen Ganglien auffallend stark entartet gefunden wurde. In dem von *Hoche* beschriebenen Fall erschien diese Bahn bei vorhandener Hemiplegie, Facialis- und Zungenlähmung nicht degeneriert.

*) *Spitzka*, New-York med. Journ. Okt. 1888.

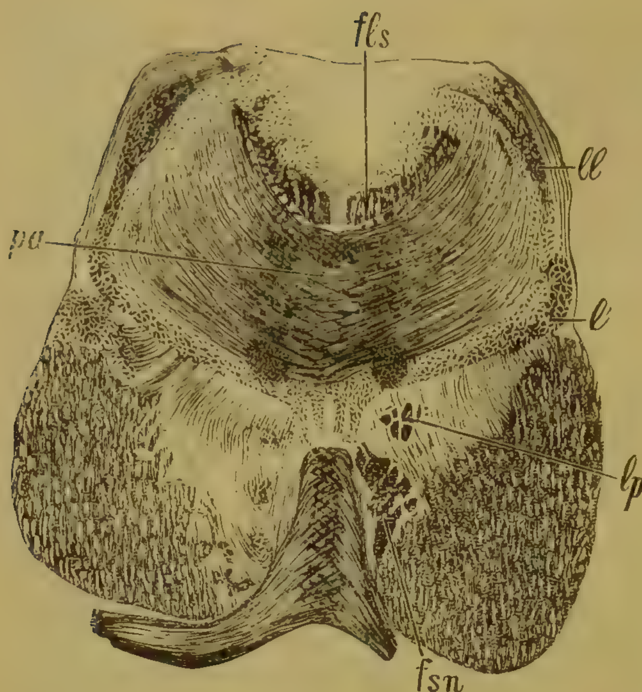



Fig. 302.

Querschnitt des Gehirnstammes in der Ebene des hinteren Teiles der Hirnschenkel. *pa* vorderer Kleinhirnschenkel; *fls* hinteres Längsbündel; *ll* laterale Schleife; *l* Schleifenschicht; *lp* mediale oder Pedunculusschleife; *fsn* Hirnschenkelfasern zur Schleife, weiter abwärts die mediale oder Pedunculusschleife bildend. Behandlung nach *Weigert*.




Fig. 303.

Gehirn eines Erwachsenen mit rechtsseitiger Erweichung im Gebiete der inneren Kapsel. Der Schnitt verläuft hinter dem distalen Vierhügel, dicht vor der Brücke. Behandlung nach *Weigert*. *l* Schleifenschicht; *lp* mediale Schleife, links atrophisch; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbahn, rechts in den Hirnschenkel eintretend; *ll* laterale Schleife mit ihrem Kern; *fl* hinteres Längsbündel; *pca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel.

Die accessorische mediale Schleifenbahn oder die mediale Schleife, in welcher die centrale Leitung der motorischen Hirnnerven verläuft, hat wie schon erwähnt einwärts von der Schleifenschicht ihre Lage (Fig. 301, 302, 303). In der Ebene des unteren Abschnittes der Pedunculi cerebri biegt sie um den medialen Teil des Hirnschenkelfusses und lagert sich in dem dritten Viertel des letzteren — von aussen nach innen gezählt — medial von der Pyramidenbahn (Fig. 306; Fig. 305 *p'*).*) Aufwärts betritt die mediale Schleife den hinteren Schenkel der inneren Kapsel, wo sie nahe dem Knie der letzteren vor der Pyramidenbahn hinzieht (Fig. 304). Aus der inneren Kapsel endlich erhebt sie sich, wie aus einer Reihe pathologischer Beobachtungen hervorgeht, in der Nähe des oberen Randes des

*) Auch nach Ansicht von *Hoche* (Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXX, Heft 1) enthält die mediale Schleife, welche er mit *Schlesingers* lateralem pontinem Bündel identificiert, die centrale Leitung des Facialis und Hypoglossus, doch findet dieser Autor sie in der Hirnschenkelgegend lateral von der Pyramidenbahn, was jedenfalls noch weiterer Begründung bedarf.

Linsenkernes zum unteren Abschnitt der Centralwindungen und zu den hinteren Gebieten der Stirnlappen. Hier liegt zugleich die Ursprungsstätte der Bahn.

Zu dem über Degeneration der medialen Schleife bereits Gesagten wäre hier noch hinzuzufügen, dass *W. A. Muratoff* dieselbe bei experimenteller Entfernung des kortikalen Facialiscentrums bis zu dem anderseitigen Facialiskern degenerieren sah. Aber nur in dem

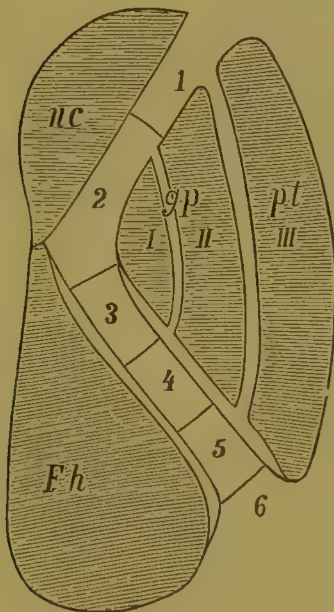



Fig. 304.
Schema der topographischen Verteilung der Faserzüge in der Capsula interna. *nc* Nucleus caudatus; *gp* Globus pallidus; *pt* Putamen nuclei lenticularis. 1 vorderer Thalamusstiel; 2 frontale Brückenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter abwärts die mediale accessorische Schleifenbahn bildend; 4 Pyramidenbahn; 5 sensorische Bahnen, weiter abwärts die zerstreuten accessorischen Bündel der Schleifenschicht darstellend; 6 temporo-occipitale Brückenbahn.

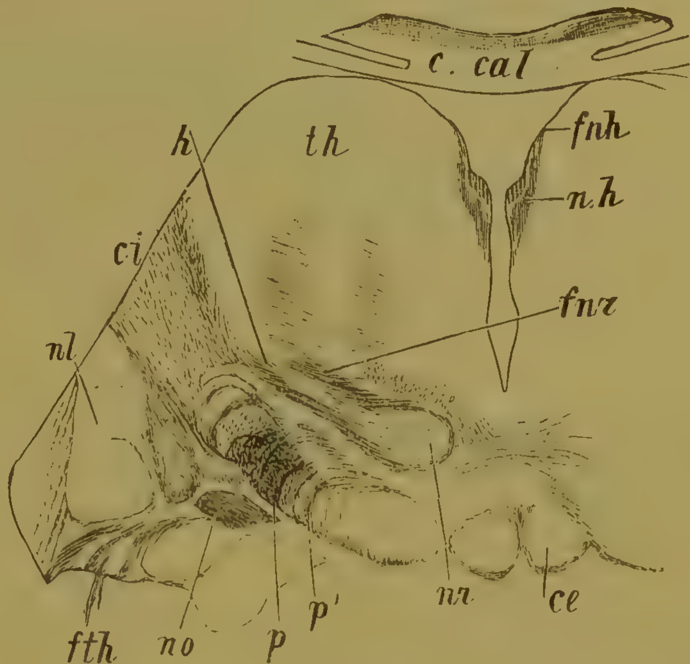



Fig. 305.
Durchschnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns. Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik.* *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucl. habenulae; *fnh* Faserzug vom Nucl. habenulae zum Stratum zonale thalami; *ce* Corpus candicans; *nr* roter Kern; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *fth* unterer Thalamusstiel; *no* Tractus opticus; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *p'* motorische Hirnnerven, noch nicht völlig markhaltig.

Falle, wenn das Centrum des oberen Facialisastes entfernt wurde, tritt in der Vierhügelgegend absteigende Entartung der medialen Schleife auf; dagegen degenerieren nach Ausschaltung des Centrums für den unteren Facialis Faserzüge, welche in der Pyramidenbahn bis zur Facialisgegend verlaufen und darauf in der Raphe kreuzen. Diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass wenigstens für den Facialis zwei verschiedene centrale Leitungen anzunehmen sind, eine in der Schleife und eine andere in der Pyramidenbahn. An Hirnen einige Wochen alter Kinder sah ich in der Höhe des Trapezkörpers

mit Bestimmtheit markhaltige Faserzüge aus der Pyramidenbahn zur Haube verlaufen (Fig. 307). Diese Faserzüge, augenscheinlich als eine centrale Bahn motorischer Hirnnerven zu betrachten, kommen bei genauerem Zusehen oberhalb der Pyramidenbahn aus longitudinalen Brückenfasern, die sich ihrerseits aus medial von den Pyramiden gelegenen Fasern des inneren Abschnittes der Hirnschenkelbasis fortzusetzen scheinen. Sie gehen, wie *Lazurski* in meinem Laboratorium gezeigt hat, in schräger Richtung medialwärts und lateralwärts auseinander. Dort gelangen sie zu dem ventralen Teil der Raphe und überschreiten dieselbe unter Kreuzung mit den gleichen Fasern der anderen Seite, hier ziehen sie zu der Gegend des Trapezkörpers und können weiterhin bis an die Facialiskerne verfolgt werden.

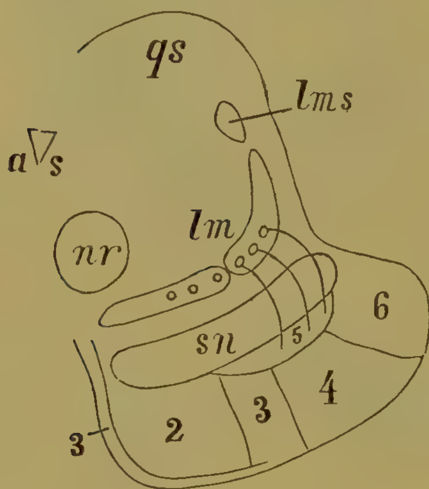



Fig. 306.
**Die Basis des Endhirnschenkels.** Schematischer Querschnitt. *qs* vorderer Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *sn* Substantia nigra; *lm* Schleife, ihr innerer Abschnitt entstammt vorwiegend den Keilstrangkernen, ihr äusserer den *Goll*schen Kernen; *lms* obere Schleife aus dem hinteren Vierhügelganglion; 6 Occipito-temporale Endhirnrindenbrückenbahn; 4 Pyramidenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter unten die mediale accessorische Schleife erzeugend; 2 frontale Endhirnrindenbrückenbahn; 5 sensorische Hirnnerven, die feinfaserigen zerstreuten Bündel der Schleifenschicht bildend.

Nach Beschädigung motorischer Rindengebiete beim Hunde, insbesondere über und vor der Fossa Sylvii, habe ich degenerierte Pyramidenfasern wiederholt zu den Kernen des Facialis und Hypoglossus verfolgen können. *Hoche* sah neuerdings ebenfalls Degeneration der Pyramidenbahn sich bis zu den beiderseitigen Kernen des Facialis und Hypoglossus ausbreiten, wobei die entarteten Fasern in der Raphe, neben derselben und schliesslich unter Schlängelungen durch die Oliven und die Substantia reticularis sich hinzogen.

Wie schon erwähnt wurde, bildet die accessorische Schleife mit den Pyramidenfasern zweifellos nicht die einzige motorische Hirnnervenbahn. Einige motorische Gehirnnerven besitzen besondere Rindenverbindungen. Bei den unter meiner Leitung ausgeführten Versuchen *Trapeznikoff*s mit Zerstörung der kortikalen Kau- und Schluckcentra gelangte ein degenerierter Faserzug zur Anschauung, welcher an der Aussenseite der centralen grauen Substanz unter den Vierhügeln neben Fasern der absteigenden Trigeminuswurzel verlief. Es ist ferner die Annahme wohl begründet, wenn auch nicht gerade unzweifelhaft erwiesen, dass die Rindenbahnen der Augenmuskelnerven durch das hintere Längsbündel und dessen proximale Anschlüsse hindurchgehen.

Die centrale Leitung des R. cochlearis verläuft (s. oben)

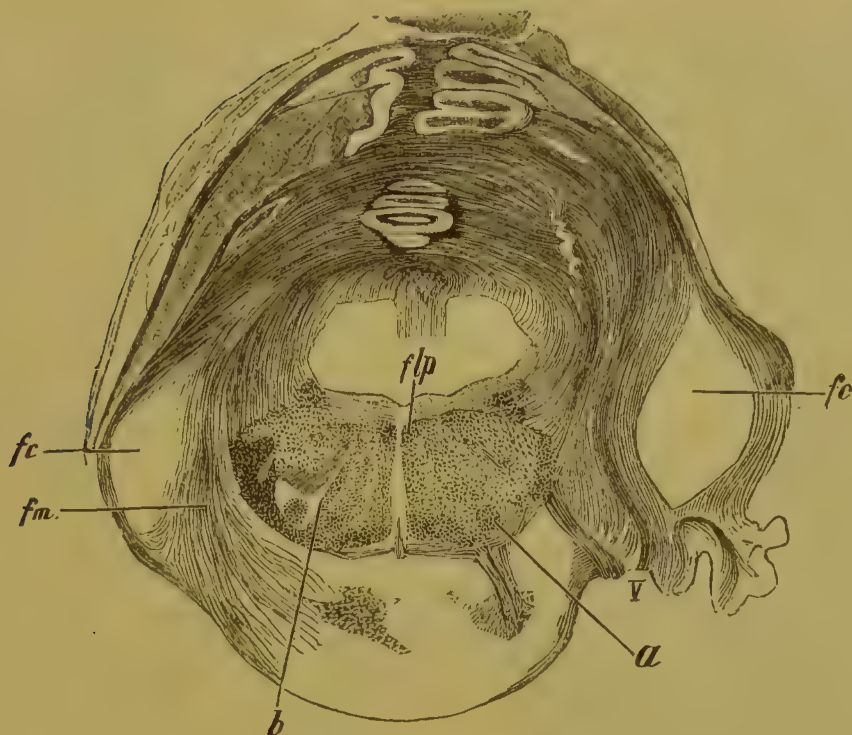



Fig. 307.

Durchschnitt des Gehirns eines Neugeborenen. Färbung nach *Weigert*. *flp* hinteres Längsbündel; *fc* cerebrales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; *fm* spinales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels (ersteres wird später myelinhaltig als letzteres); *a* centrale Haubenbahn; *b* Faserzug aus der Gegend des Trigeminus zur centralen Haubenbahn; *V* Nervus trigeminus. Rechts sind Fasern zu erkennen, die aus dem Gebiet der Pyramidenbahn zur Haube ziehen.

nicht in Gesellschaft der übrigen sensorischen Gehirnnerven in der Hauptschleife und in der Formatio reticularis, sondern in einiger Entfernung nach aussen und dorsal von ersterer in der sogen. lateralen Schleife (Fig. 308 *ll*).

Die in dem vorderen Acusticuskern und im Tuberculum acusticum, den wichtigsten Endstätten der hinteren Wurzel des Gehörnerven, entspringenden Fasern verlaufen in Gesellschaft der Wurzelfasern nach zwei verschiedenen Richtungen. Die einen von ihnen biegen um das Corpus restiforme, wenden sich hierauf teilweise zur gleichseitigen Oberolive, hauptsächlich aber medio-ventralwärts, gelangen über dem Trapezkörper durch die Raphe zur Gegend der contralateralen Ober-

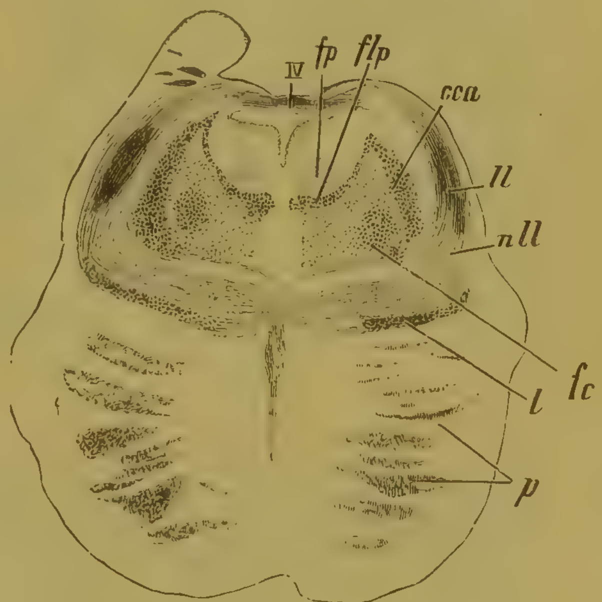



Fig. 308.

Von einem einige Wochen alten Kinde. Der Schnitt ist hinter den Vierhügeln hindurchgelegt. *IV* Trochleariswurzel, über dem Aquaedukt kreuzend; *fp* Gegend des hinteren Längsbündels von *Schütz*; *flp* hinteres Längsbündel; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fc* centrale Haubenbahn; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn.

olive und ziehen schliesslich nach teilweiser Unterbrechung in letzterer innerhalb der anderseitigen lateralen Schleife zum vorderen und teilweise zum hinteren Vierhügel.*) Die anderen erreichen, die Bahn der vorderen Wurzel kreuzend, teils die gleichseitige Oberolive und durch letztere die gleichseitige und auch die anderseitige laterale Schleife, teils gehen sie an deren ventraler Seite vorbei und werden zu einem wesentlichen Bestandteil des Corpus trapezoides (Fig. 309); nachdem sie sich in der Raphe mit den entsprechenden Fasern der anderen Seite gekreuzt, erreichen sie durch das Bindeglied der oberen Olive oder direkt mit der lateralen Schleife das vordere Vierhügelganglion

Fig. 309.

Die Faserung des Acusticus und des Corpus trapezoides. Schema. *VIII* Acusticuswurzeln; *rap* hintere, *raa* vordere Acusticuswurzel; *na* Nucl. anterior acustici; *ta* Tuberculum acusticum; *stra* Striae medullares s. acusticae; *strs* Striae medullares *Monakow*; *cr* Corpus restiforme; *nv* Nucl. vestibularis; *ni* sogen. medialer Acusticuskern; *nD* *Deiters*scher Kern; *VIIa* aufsteigende Facialiswurzel; *VIIc* absteigende Facialiswurzel; *nVII* Facialiskern; *oi* oberes Ende der grossen Olive; *fc* centrale Haubenbahn; *os* obere Olive; *tr* Corpus trapezoides; *py* Pyramide; *nci* Nucl. centralis inferior; *fna* Fasern aus der Oberolive zum Abducenskern; *fnt* Fasern der lateralen oder unteren Schleife; *V* Radix ascendens trigemini; *sn* Substantia gelatinosa. Der Kern des Corpus trapezoides und seine Verbindungen sind nicht dargestellt.

*) Einige Fasern dieser Bahn begeben sich nach *Oseretzkowski* zu der Nebenolive. Dorsale Elemente der Gehörleitung findet der Genannte ferner im Zusammenhange mit den Kernen des Facialis und Abducens. *v. Monakow* und andere bezeichnen dieselben irrtümlich als Striae acusticae, während *Held* die Benennung dorsale Gehörbahn in Vorschlag bringt.

(Fig. 310).*) Die Trapezkerne und die accessorischen Oliven erscheinen ebenfalls als Etappen in der Gehörleitung. Nach neueren Erhebungen von *Oseretzkowski* stehen die kreuzenden und nicht kreuzenden Elemente in einem umgekehrten Verhältnis zu einander, indem letztere vorwiegend die oberen Oliven, erstere grösstenteils die accessorischen Oliven aufsuchen.**)

Die centrale Gehörbahn enthält ferner, wie erwähnt, aufsteigende und absteigende Systeme (*Held*). Jene entspringen vor allem in dem vorderen Acusticuskern, dessen Neuriten in das Corpus trapezoides eindringen; hierzu kommen Wurzelfasern, welche direkt zu den Kernen der Trapezformation und der lateralen Schleife (Oberolive, Trapezkerne, Nucleus lemnisci lateralis, hinterer Vierhügel) emporsteigen. Diese endigen nach ihrem Eintritt in den Trapezkörper teils um Zellen beider Oberoliven, teils schicken sie zu letzteren und zu den Trapezkernen nur Kollateralen und gehen unmittelbar in die anderseitige laterale Schleife (Fig. 311) über, wo sie in der Richtung zum Nucleus lem-

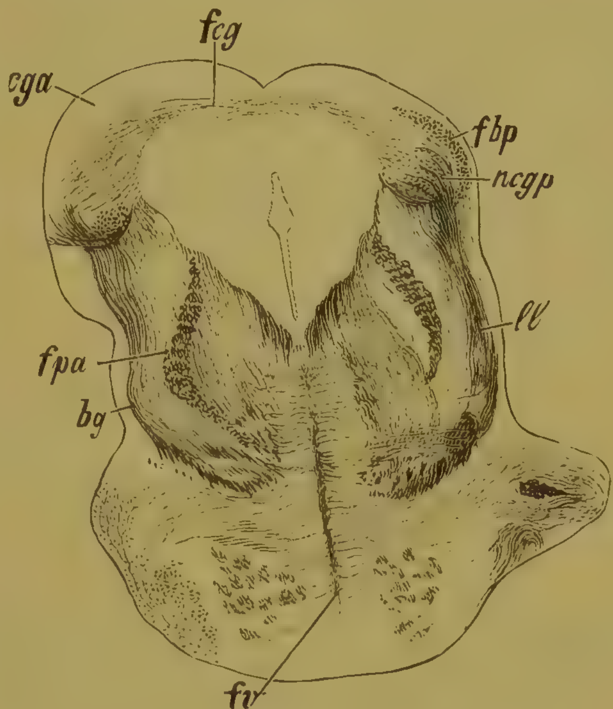



Fig. 310.
Schrägschnitt durch Vierhügel und Brücke eines fast vollständig ausgetragenen menschlichen Foetus. *ll* laterale Schleife; *ncgp* Kern des distalen Vierhügels; *fbp* Fasern des Brachium posterius aus dem Kern des hinteren Vierhügels; *fcg* Faserkreuzung über dem Aquaedukte in der Gegend des vorderen Vierhügels; *cga* Corpus quadrigeminum anterius; *fpa* vorderer Kleinhirnschenkel; *bg* Schleifenfasern zum Vierhügel; *fv* Fasciculus verticalis pontis.

*) Gestützt auf Versuche an Meerschweinchen (Methode von *Marchi*) führt *Kirilzeff* (Medic. Obosrenie XVII, 1892 und Inaugur.-Dissert.) den Nachweis, dass die in Rede stehenden in den Oberoliven unterbrochenen Acusticusfasern radikuläre Elemente darstellen, welche in den Acusticuskernen keine Unterbrechung erfahren. Späterhin sind von *Kirilzeff* und *Held* Wurzelfasern im Trapezkörper zur contralateralen Oberolive und zum hinteren Vierhügelganglion verfolgt worden. Ich muss aber bemerken, dass abgesehen von einer derartigen direkten Beziehung des Gehörnerven zur oberen Olive und zum Vierhügel im menschlichen Gehirn zweifellos Fasern nachzuweisen sind, welche aus dem vorderen Acusticuskern zu der gleichseitigen Oberolive und zum Trapezkörper hinziehen, was übrigens auch von *Held* zugegeben wird.

**) Ein Teil der Trapezfaserung erzeugt eine Kommissur zwischen den vorderen Acusticuskernen. Diesen Kommissurenfasern entsprechen die dorsalen von den kreuzenden Elementen des Corpus trapezoides.

nisci lateralis fortwährend Kollateralen abgeben; ihre letzten Enden verästeln sich im hinteren und teilweise auch im vorderen Vierhügelganglion (Fig. 311).*) Aber auch von der oberen Olive, von den Trapezkernen, ja von dem Kern der lateralen Schleife verlaufen zum Vierhügel ähnliche aufsteigende Bahnen, die den Kernen der centralen Acusticusleitung unterwegs Kollateralen zugehen lassen (Fig. 312).

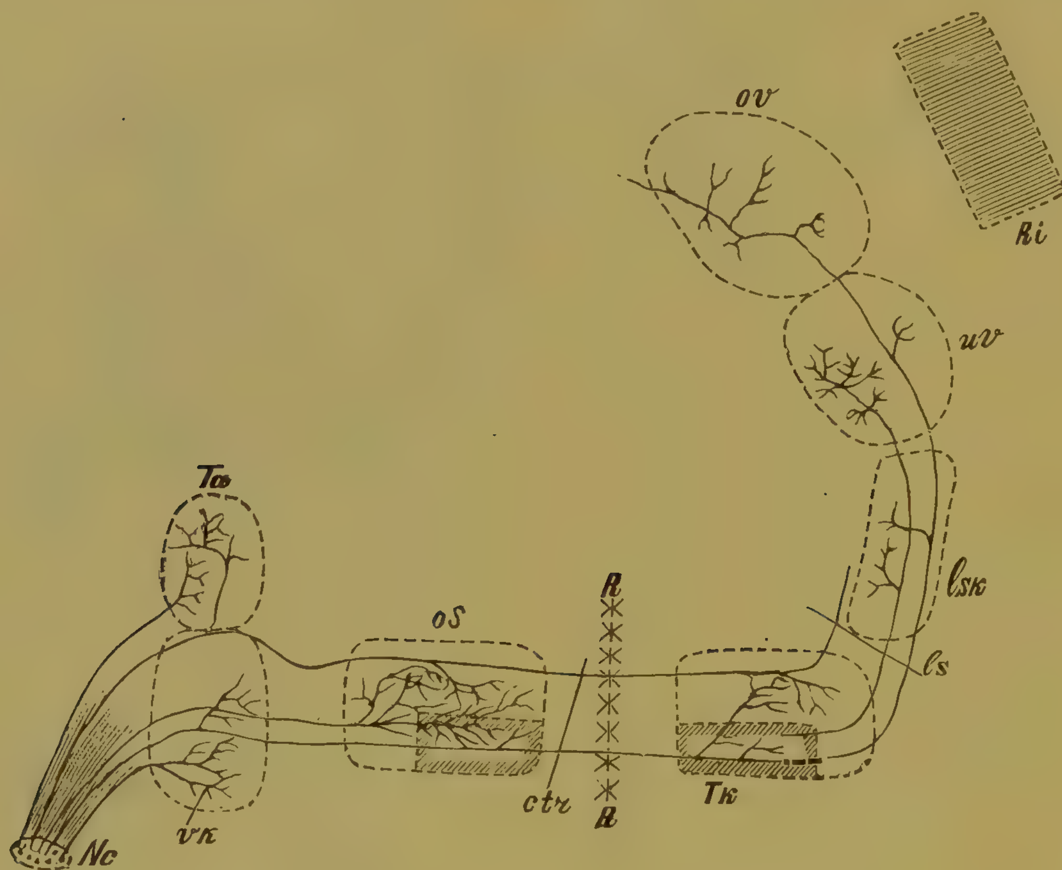



Fig. 311.

**Schema der centralen Gehörleitung. Systeme erster Ordnung.** *Nc* Nerv. cochlearis; *vk* vorderer Kern; *Ta* Tuberculum acusticum; *os* obere Olive; *ctr* Corpus trapezoides; *R* Raphe; *Tk* Trapezkern; *ls* laterale Schleife; *lsk* Kern der lateralen Schleife; *uv* unterer oder hinterer Vierhügel; *ov* oberer oder vorderer Vierhügel; *Ri* Endhirnrinde. Nach *Held*.

Die absteigenden Systeme der centralen Gehörleitung bestehen aus rückläufigen Neuriten der genannten Kerne, deren Endbäumchen zu Zellen einer der in der Bahn der lateralen Schleife oder des Trapezkörpes eingelagerten grauen Massen gelangen. Auch sie entwickeln, gleich den aufsteigenden Systemen, Kollateralen zu den in ihrer Bahn gelegenen Kernen (Fig. 313).

Von dem Trapezkörper gehen Kollateralen und (meinen Beobachtungen zufolge) sogar Stammfasern zum Facialiskern (Fig. 314), sowie zu der Formatio reticularis. In diesem Verhalten liegt höchstwahr-

*) Einige Fasern der lateralen Schleife scheinen unmittelbar in das Dach des Aquaeductus Sylvii überzugehen und von hier das hintere Vierhügelganglion der anderen Seite zu erreichen.

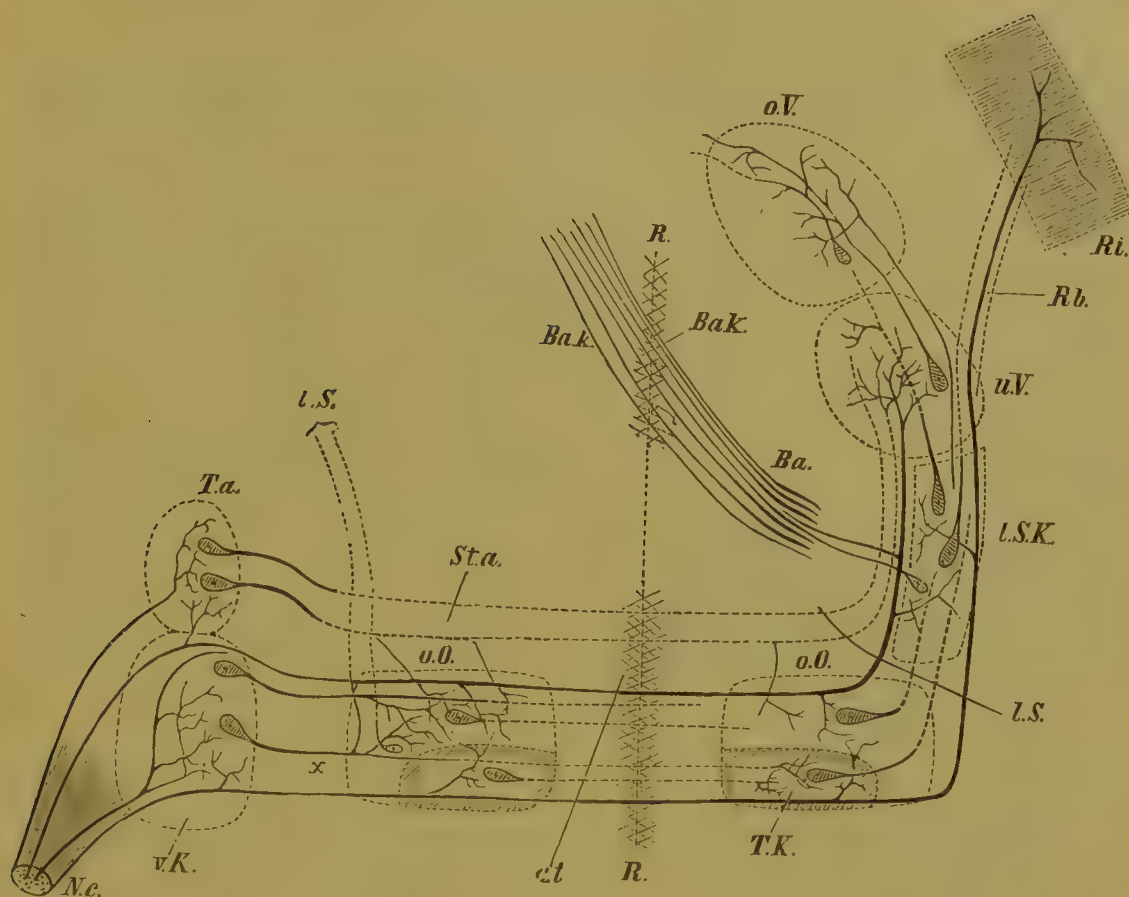



Fig. 312.
Schema der centralen Gehörleitung. Systeme zweiter Ordnung. *Nc* Nervus cochlearis; *vK* vorderer Kern; *ct* Corpus trapezoides; *TK* Trapezkern; *oO* obere Olive; *Ta* Tuberculum acusticum; *Sta* Striae acusticae; *lS* laterale Schleife; *lSK* Kern der lateralen Schleife; *Ba* Bindearm; *Bak* Bindearmkreuzung; *oV* oberer Vierhügel; *uV* unterer Vierhügel; *Ri* Endhirnrinde; *Rb* Rindenbahn. Nach *Held*.

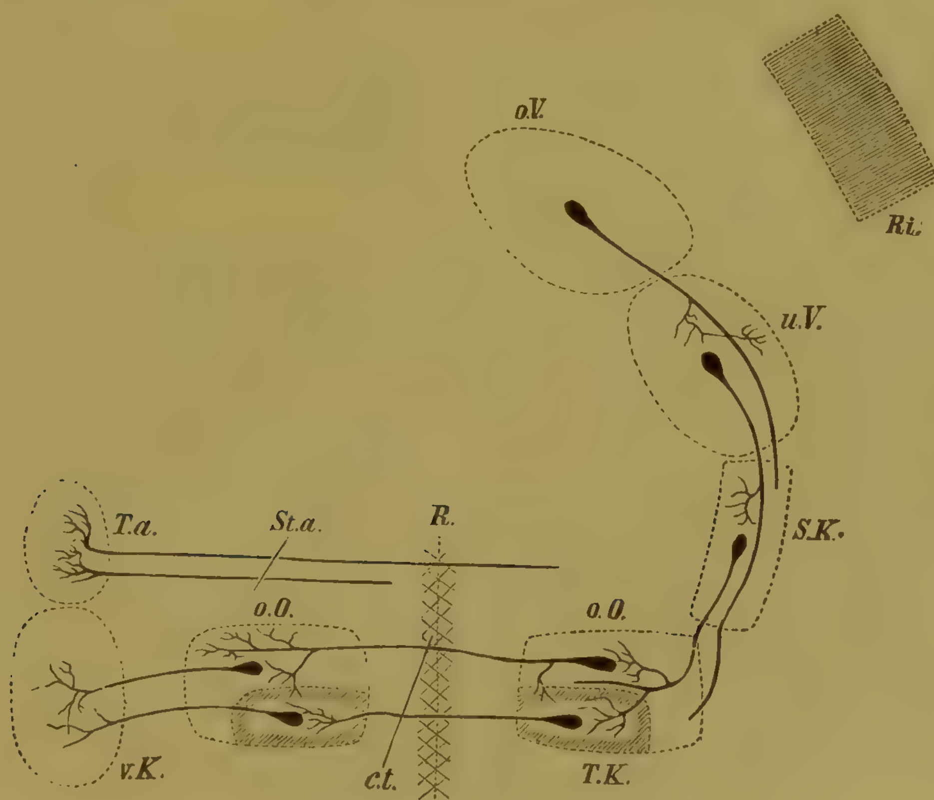



Fig. 313.
Schema der centralen Gehörleitung. Rückläufige Systeme. *vK* vorderer Kern; *ct* Trapezkörper; *R* Raphe; *TK* Trapezkern; *oO* obere Olive; *Ta* Tuberculum acusticum; *Sta* Striae acusticae; *SK* Kern der lateralen Schleife; *oV* oberer Vierhügel; *uV* unterer Vierhügel; *Ri* Rinde. Nach *Held*.

scheinlich die Erklärung für die reflektorische Beeinflussung der Mimik, der Atmung, des Pulses, der Vasomotoren etc. durch akustische Reize.

Das Corpus trapezoideum und die laterale Schleife erscheinen sonach als die wesentlichsten centralen Bahnen des Gehörnerven. Der Vierhügel bezw. das hintere Vierhügelganglion — die Unterbrechungsstätte der lateralen Schleife — hat die Bedeutung einer wichtigen Etappe in der centralen Gehörleitung.*)



Fig. 314.
Aus dem Facialiskern vom neugeborenen Hunde. Behandlung nach *Golgi*. *f, f, f* Endverästelungen von Fasern zwischen Zellen des Facialiskerns; *ct* Corpus trapezoideum.

Ein Teil der lateralen Schleife geht an den Zellen des Vierhügels vorbei und verläuft augenscheinlich ununterbrochen zum hinteren Bindearm und weiter hirnwärts.

Dem Angeführten gemäss erscheint sowohl das Corpus trapezoideum, wie die laterale Schleife von ungemein verwickelter Zusammensetzung. Ausser Wurzelfasern des Gehörnerven enthalten sie Fasern bezw. Neuriten aus dem beiderseitigen Nucleus anterior acustici, aus dem beiderseitigen Tuberculum acusticum, aus beiden Oberoliven, ihren Nebenoliven und beiden Trapezkernen. In der lateralen Schleife verlaufen ausserdem Faserzüge aus dem Nucl. lemnisci lateralis und aus dem hinteren Vierhügelganglion, sowie endlich rückläufige Systeme.**)

In der Bahn der lateralen Schleife und zweifellos in sehr nahen Beziehungen zu ihr stehend findet sich ein kleiner Kern, der Nucleus lemnisci lateralis (Fig 308 *nll*). Von dem oberen Teil dieses

*) Nach Durchschneidung der unteren Schleife beobachtete *v. Monakow* (Bericht über die 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Heidelberg, 1889) Atrophie der letzteren unter Übergang in das dorsale Mark der oberen Olive und von hier durch Bogenfasern der Formatio reticularis in die contralateralen Striae (s. Anmerkung zu S. 324), sowie in das Tuberculum acusticum. Auf der Seite der Läsion war auch die obere Olive atrophisch. In aufsteigender Richtung fand sich Atrophie des Nucleus lemnisci lateralis, des gleichseitigen Vierhügelganglions nebst seinem Arm und der ventralen Haubenkreuzung. Das Corpus trapezoideum erwies sich gleichfalls atrophisch, aber in geringerem Grade.

**) Nach *v. Monakow* finden sich in der lateralen Schleife 1. Striafasern (hinteres Feld), 2. Fasern aus der oberen Olive (hinteres Feld), 3. solche aus dem lateralen Schleifenkern (centrales Feld), 4. solche aus der ventralen Haubenkreuzung (mediales Feld), endlich 5. kurze Fasern (ventrolaterales Feld).

Kerns geht, wie ich an einer Reihe von Durchschnitten festgestellt habe, ein Bündel zarter Fasern ab (Fig. 315 *fnll*), welches besonders bei einigen Tieren, wie beim Hund und bei der Katze gut entwickelt erscheint. Dasselbe verläuft schräg dorsal- und einwärts, erreicht, den vorderen Kleinhirnschenkel durchsetzend, die Aussenfläche des Grau am Aquaeductus Sylvii und wendet sich letzterem entlang zur Raphe. Schliesslich soll es zu dem anderseitigen hinteren Vierhügelganglion emporsteigen (*Held*), eine Ansicht, die mir indessen nicht genügend begründet erscheint. Wie meine eigenen Präparate und solche, die Herr *Lazurski* in meinem Laboratorium gefertigt hat, zur Evidenz erkennen lassen, verliert sich das Bündel vorzugsweise in dem Fasciculus longitudinalis posterior der ihm entsprechenden Seite, zum Teil aber gewinnt es anscheinend Beziehungen zu dem Kern der absteigenden Trigeminuswurzel. Diese Befunde führen zu der Annahme, der in Rede stehende Faserzug verknüpfe die centrale Bahn des Ramus cochlearis mit anderen Gehirnnerven.

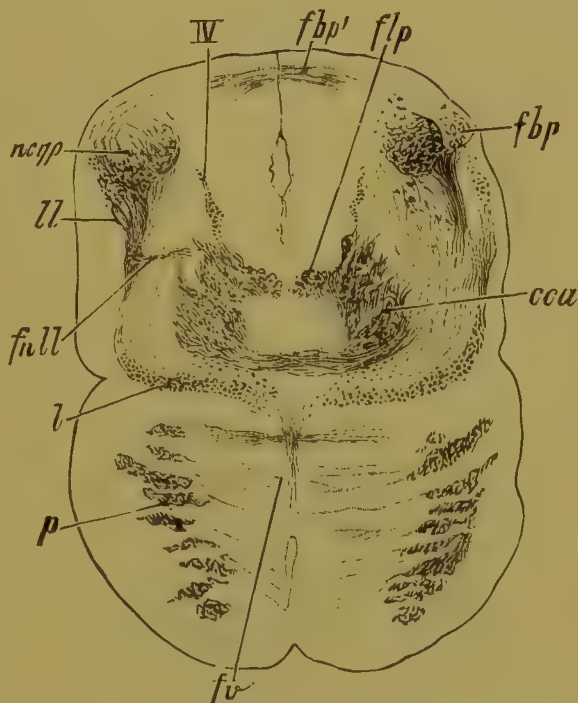



Fig. 315.

Durchschnitt in der Gegend des hinteren Vierhügels von dem Gehirn eines einige Wochen alten Kindes. Färbung nach *Weigert*. *IV* Wurzeln des Trochlearis; *ncqp* Kern des hinteren Vierhügels; *ll* laterale Schleife; *fnll* kreuzender Faserzug aus dem Kern der lateralen Schleife; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn; *fv* Fasciculus verticalis pontis; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *fbp* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum hinteren Brachium; *flp* hinteres Längsbündel; *fbp'* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum kontralateralen hinteren Brachium, über dem Aquaeductus Sylvii kreuzend.

Ein weiterer Faserzug tritt aus dem hinteren Vierhügelganglion proximalwärts unter dem vorderen Vierhügel hindurch an die dorsale Seite der Schleifensichel (Fig. 306 *lms*) und verliert sich in der Folge in dem hinteren Teil des Thalamus opticus.*)

Die beiden soeben genannten Faserzüge haben gleich denen, die aus dem vorderen Acusticuskern zu den Oberoliven und von diesen zum Abducenskern verlaufen, höchstwahrscheinlich die Bedeutung von Reflexbahnen.

Endlich sieht man am Hirn Neugeborener einen Teil der aus dem

*) Die Verbindungen des hinteren Vierhügels mit dem Nucleus reticularis und dem Brückengrau sind bereits erörtert worden.

Corpus quadrigeminum posterius austretenden Fasern dorso-mediale Richtung einschlagen und sich darauf über dem Aquaeductus Sylvii kreuzen.

Was den weiteren Verlauf der centralen Bahnen des Gehörnerven bezw. seines Ramus cochlearis anlangt, so muss nach neueren Atrophie- und Degenerationsversuchen angenommen werden, dass sie durch das hintere Brachium hindurchgehen und hierauf nach Unterbrechung im

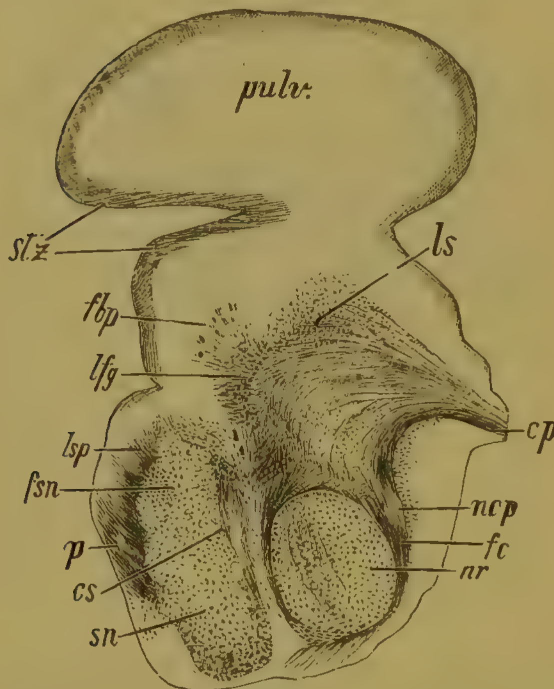



Fig. 316.

Schnitt durch die Gegend des roten Haubenkernes. Von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *pulv.* Pulvinar thalami; *stz* Stratum zonale; *fbp* Brachium posterius; *lfg* Schleifenfasern, beim Übergange in den Thalamus auseinander weichend; *lsp* Schleifenfasern nach ihrem Eintritt in den Hirnschenkelfuss; *fsn* Fasern der Subst. nigra; *p* Pyramidenbahn; *cs* unterer Teil des Corp. subthalamicum; *sn* Subst. nigra; *nr* roter Kern; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Kern der hinteren Kommissur; *cp* hintere Kommissur; *ls* Faserzug aus dem hinteren Vierhügelkern zum Thalamus opticus.

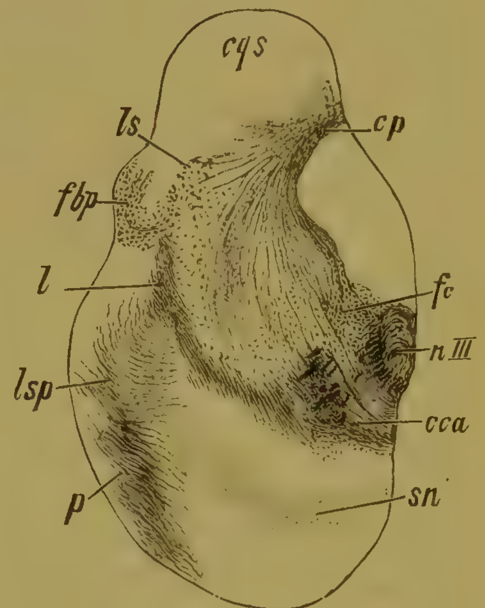



Fig. 317.

Durchschnitt in der Gegend des vorderen Vierhügels von einem mehrere Wochen alten Kinde. Methode von *Weigert*. *cqs* Lage des vorderen Vierhügels; *lsp* Faserzug vom hinteren Vierhügelkern zum Thalamus; *fbp* Brachium posterius; *l* Schleifenschicht; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbahn, in den Hirnschenkelfuss eintretend; *p* Pyramidenbahn; *sn* Substantia nigra; *cca* vorderer Kleinhirnarm; *n III* Kern des Oculomotorius; *fc* centrale Haubenbahn; *cp* hintere Kommissur. Einwärts von der Schleife ist die Lage des Nucl. innominatus.

medialen Kniehöcker, vielleicht aber zum Teil auch direkt durch die innere Kapsel zu den Schläfenlappen des Vorderhirns emporsteigen (Fig. 318).*)

Nach Zerstörung des Schläfenlappens entwickelt sich (*Monakow*)

*) Diese Darstellung des Verlaufes der centralen Gehörleitung kann auch durch vergleichend-anatomische Ergebnisse gestützt werden. Bei gewissen Cetaceen findet sich ungemeine Entwickelung der hinteren Gehörnervenwurzel, des Trapezkörpers, der distalen Vierhügelhöcker und des medialen Kniehöckers (*Spitzka*).

beim Kaninchen Atrophie der hinzugehörigen Stabkranzfaserung, des Corpus geniculatum internum und des hinteren Vierhügelarmes, sowie Faserschwund in der Gitterschicht des Sehhügels. Die gleichen Erscheinungen wurden beim Menschen im Gefolge von Läsionen und Defekte der oberen Schläfenwindung beobachtet (s. unten).

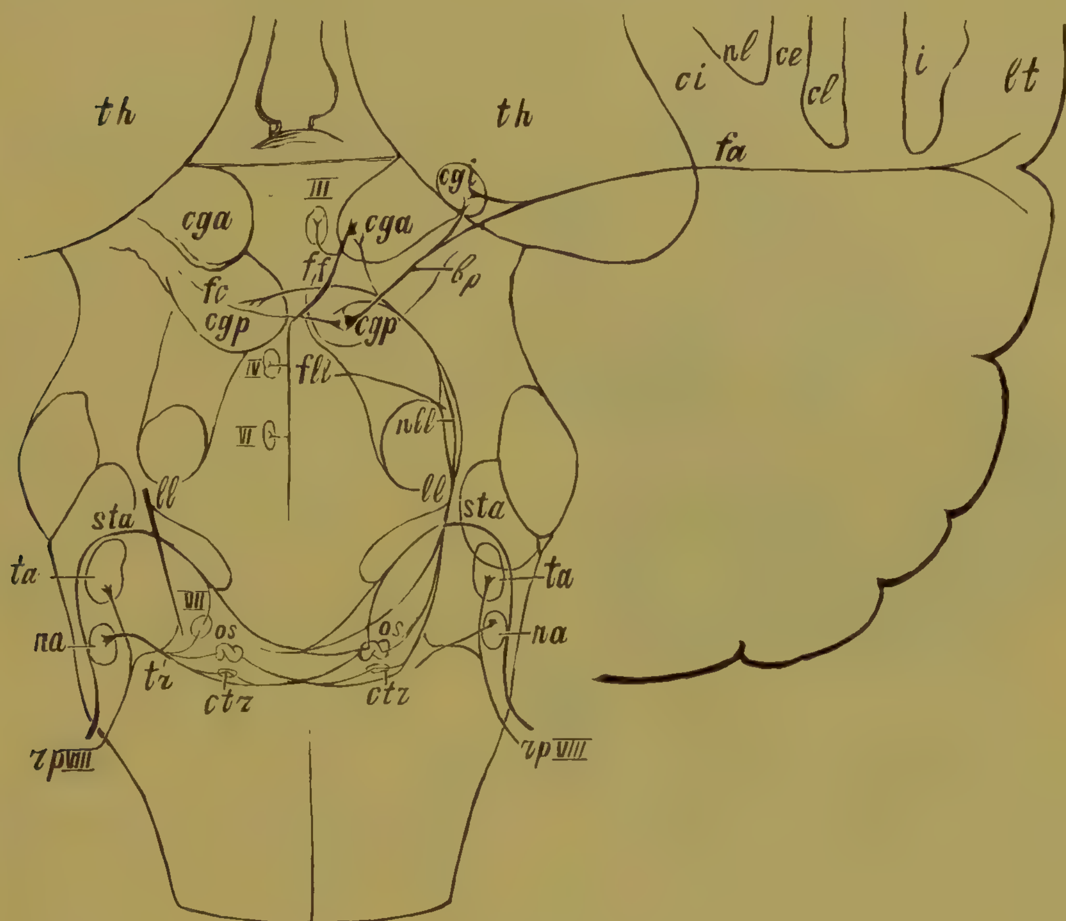



Fig. 318.

**Die hintere Wurzel und die centralen Leitungsbahnen des Nervus acusticus.** Schema. *rpVIII* hintere Wurzel des Acusticus; *na* Nucl. anterior; *ta* Tuberc. acusticum; *tr* Corpus trapezoideum; *ctr* Trapezkern; *VII* Facialiskern; *sta* Striae acusticae *Monakow*; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fll* Faserzug aus dem Kern der lateralen Schleife, medianwärts auf die andere Seite hinübergehend; *cgp* hinterer Vierhügel; *cga* vorderer Vierhügel; *bp* Brachium posterius; *cgi* hinterer oder medialer Kniehöcker; *fa* Acusticusbündel innerhalb der Endhirnhemisphäre; *fc* Faserzüge, welche aus dem hinteren Vierhügelganglion auf die andere Seite gelangen und über dem Aquaeductus Sylvii kreuzen; *III, IV, VI* Kerne der entsprechenden Gehirnnerven; *ff* Faserzüge, welche aus der Gegend des vorderen Vierhügels in dessen tiefer Schicht herabsteigen und zwischen den rothen Kernen die fontainenartige Kreuzung bilden; *th* Thalamus opticus; *ci* Capsula interna; *nl* Nucl. lenticularis; *cl* Claustrum; *i* Insula Reilii; *lt* Schläfenwindungen (Gegend des Gehörcentrums).

Im Anschluss an die centralen Bahnen des Ramus cochlearis ist hier der sog. Striae medullares, der scheinbaren Fortsetzung der hinteren Wurzel des Gehörnerven (2 Fig. 320, Fig. 321 *stra*), zu gedenken.

Schon bei einer früheren Gelegenheit war darauf hingewiesen worden, dass die wahren Striae medullares — die mit den von *Monakow*

bei Tieren beschriebenen Striabündeln nichts zu thun haben — nicht aus dem Stamm des Acusticus hervorgehen, sondern offenbar zu dem Tuberculum acusticum in Beziehung stehen. In unmittelbarer Nähe des letzteren aus der Hirnmasse heraustretend, ziehen sie von aussen und hinten um das Corpus restiforme und gehen quer über das verlängerte Mark zur Raphe, um in deren Tiefe die Mittellinie zu überschreiten. Innerhalb der Raphe steigen die Striae bis zur Gegend der Pyramiden herab und gehen nach teilweiser Unterbrechung im Pyramidenkern in Fibrae arcuatae anteriores der anderen Seite über, als welche sie deutlich bis zur Höhe der Wurzeln des anderseitigen Acusticus zu verfolgen sind. Hier gesellen sie sich zu den Fasern des Corpus restiforme und entziehen sich dann der weiteren Beobachtung, doch ist es mehr als wahrscheinlich, dass sie mit dem Strickkörper und manchmal auch in Gesellschaft des mittleren Kleinhirnschenkels zum Kleinhirn hinabsteigen. Striafasern, die sich zum contralateralen hinteren Vierhügel begeben (*Flechsig* und *Held*) habe ich bei meinen Untersuchungen nicht finden können.

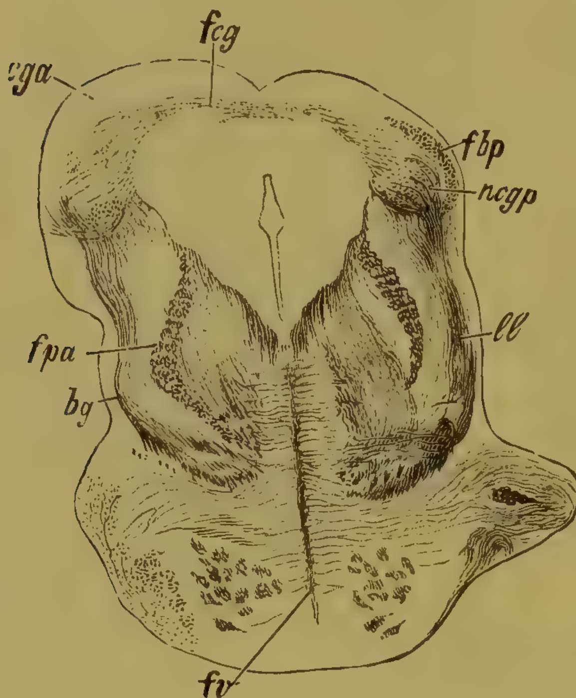



Fig. 319.
Schrägschnitt durch Vierhügel und Brücke eines fast vollständig ausgetragenen menschlichen Foetus. *ll* laterale Schleife; *ncgp* Kern des distalen Vierhügels; *fbp* Fasern des Brachium posterius aus dem Kern des hinteren Vierhügels; *fcg* Faserkreuzung über dem Aquaedukte in der Gegend des vorderen Vierhügels; *cga* Corpus quadrigeminum anterius; *fpa* vorderer Kleinhirnschenkel; *bg* Schleifenfasern zum Vierhügel; *fv* Fasciculus verticalis pontis.

Bezüglich ihrer Entwickelung sind die Striae medullares ausserordentlichen individuellen Schwankungen unterworfen, ja in einzelnen Fällen werden sie gänzlich vermisst. Auch ihr Verlauf am Boden des Ventrikels ist nicht immer der gleiche; manchmal erscheinen die Striae nicht quer, sondern schräg gerichtet oder sie laufen radienartig von der Raphe nach aussen, in anderen Fällen treten sie, anstatt in der Raphe unterzutauchen, an der Oberfläche der Rautengrube auf die andere Seite. Alle diese Varietäten erscheinen unter Berücksichtigung der obigen Darstellung des Ursprunges der Striae leicht erklärlich, sind aber ganz unvereinbar mit der Auffassung der Striae als einer direkten Fortsetzung des Gehörnerven.

Hinsichtlich der centralen Bahnen des Ramus vestibularis nervi acustici ist zu bemerken, dass aus dem *Deiters*schen Kern, der Endstätte eines Teiles seiner Fasern, medianwärts zur Raphe hin Faserzüge abgehen, deren weiterer Verlauf zwar nicht genauer ermittelt ist, von denen aber angenommen werden kann, dass sie jene vestibularen Acusticusfasern centralwärts fortsetzen und in dem hinteren Längsbündel, vorwiegend der entgegengesetzten Seite weiterziehen (Fig. 300). Auch von meinem Nucl. vestibularis begeben sich Züge zu dem kontralateralen Fasciculus longitudinalis posterior, um gleich den vorigen die Gegend der Oculomotoriuskerne aufzusuchen. Der Rest des Vorhofsastes, der in den Nucleus vestibularis eintritt, hat seine centrale Leitung höchstwahrscheinlich im medialen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels (s. unten).

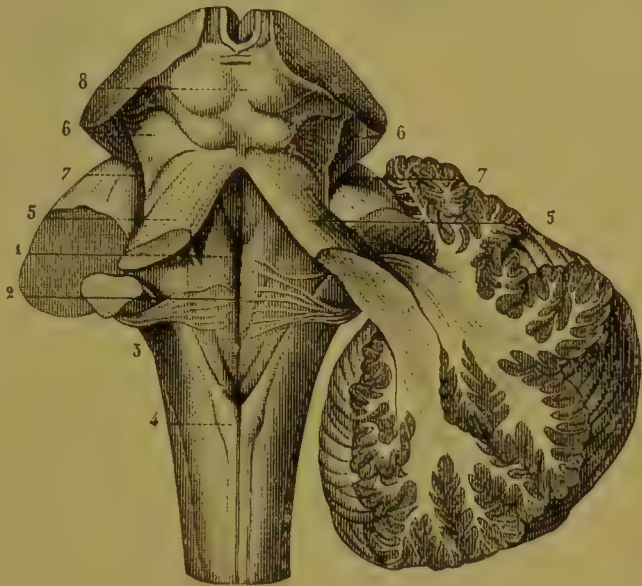



Fig. 320.
Ansicht der Rautengrube, Kleinhirnschenkel und Vierhügel. Nach *Hirschfeld* u. *Leveillé* von *Sappey*. Auf der linken Seite sind die drei Kleinhirnschenkel abgeschnitten; auf der rechten Seite dagegen die vorderen und hinteren Schenkel noch im Zusammenhange mit der Markmasse des Kleinhirns, während der Brückenschenkel durchschnitten ist. 1 Medianfurche der Rautengrube, hinten in den Calamus scriptorius auslaufend; 2 Austrittstelle der querverlaufenden Striae medullares; 3 hinterer Kleinhirnschenkel (Kleinhirnstiel, Corpus restiforme); 4 Clavae der Funiculi graciles; 5 oberer oder vorderer Kleinhirnschenkel; 6 Schleife; 7 Sulcus lateralis mesencephali; 8 Vierhügel.

Die centralen Opticusbahnen endlich gelangen aus dem vorderen Vierhügel und dem Corpus geniculatum laterale zum hinteren Schenkel der inneren Kapsel und treten schliesslich in die Hemisphären des Endhirns ein.

Von den Verbindungen der Hirnnervenkerne unter einander und mit dem übrigen Grau des Hirnstammes sind hier folgende namhaft zu machen.

Im distalen Abschnitt des verlängerten Markes sieht man auf Serienschnitten zahlreiche Fasern hinter dem Centralkanale vorbeiziehen, die sich wie ein Residuum der Commissura posterior grisea des Rückenmarkes ausnehmen. Ein Teil dieser Fasern bildet, wie sich bei näherer Betrachtung erweist, gewissermassen eine Kommissur zwischen jenen Zellen, welche an der ventro-medialen Grenze und im Innern der Substantia gelatinosa ihre Lage haben und die wichtigste Ursprungsstätte der aufsteigenden Quintuswurzel darstellen. Ob unter den in Rede stehenden Fasern auch Verbindungsbahnen zwischen den

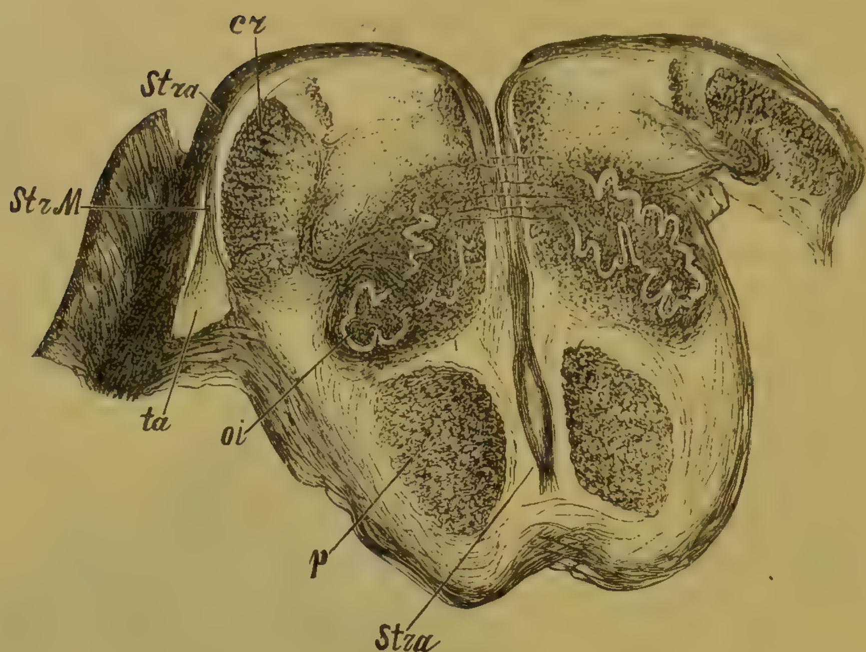



Fig. 321.
**Durchschnitt durch die untere Brückengegend von einem Gehirn mit auffallend stark entwickelten Striae medullares.** *Ta* Tuberculum acusticum; *strM* Striae acusticae *Monakow*, aus dem Tuberculum acusticum; *stra* Striae medullares, aus der Gegend des Flocculus cerebelli kommend, verlaufen auf dem Ventrikelboden bis zur Raphe, woselbst sie kreuzen und in den Fuss der Brücke herabsteigen; *p* Pyramide; *oi* untere Olive.

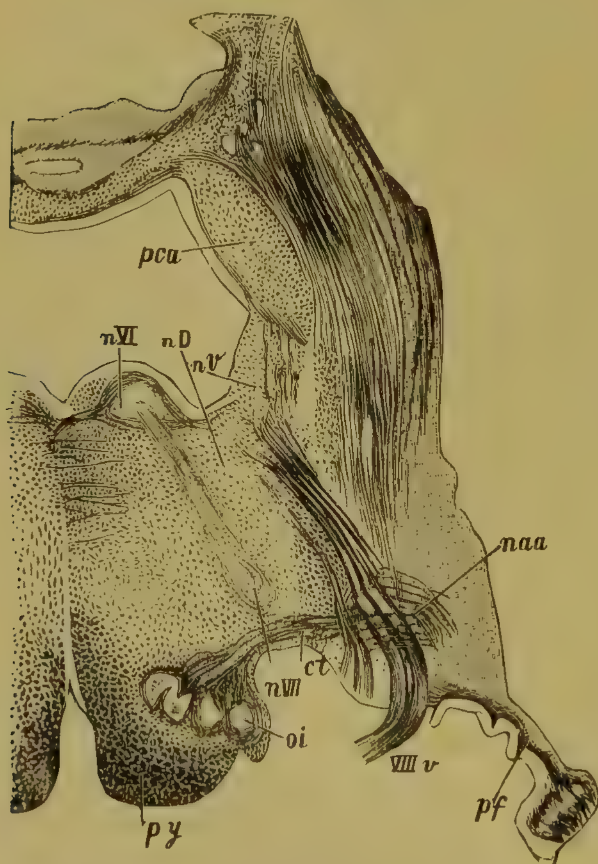



Fig. 322.

sensorischen Glossopharyngeuskernen vorkommen, steht noch dahin, wohl aber sind von *Koch* Associationsfasern zwischen den solitären Bündeln beschrieben worden, die höchstwahrscheinlich jener Verbindung zu dienen haben. Associationsbahnen giebt es ferner zwischen beiden Hypoglossuskernen. Sodann findet sich in der Vagusgegend ein ganzes Faserbündel, welches aus der Gegend des hinteren Seitenstrangkerns schräg median-

Fig. 322.
**Durchschnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen.** *pca* vorderer Kleinhirnschenkel; *nv* Nucleus vestibularis; *nD* *Deiters*sche Kerne; *nVI* Nucleus nervi abducentis; *naa* Nucleus acustici anterior; *pf* Pedunculus flocculi; *VIIIv* vestibulare Wurzel des Acusticus; *ct* Trapezkern; *nVII* Nucleus nervi facialis; *oi* Olivia inferior; *py* Pyramis. Behandlung nach *Weigert*.

wärts zur nächsten Umgebung des Vagus verfolgt werden kann und allem zufolge mit diesem Nerven in näheren Beziehungen steht. Doch handelt es sich hier vielleicht um radiculäre Elemente und nicht um internucleäre Associationsfasern. Auch ist zu bemerken, dass bei Durchschneidung des Vagus und Glossopharyngeus neben Atrophie ihrer Kerne sich nach und nach solche der Hypoglossuskerne bemerkbar macht (Fig. 329). Wird umgekehrt der Hypoglossus durchschnitten, so atrophiert ausser dem Nucleus hypoglossi teilweise auch der dorsale Vago-glossopharyngeuskern.

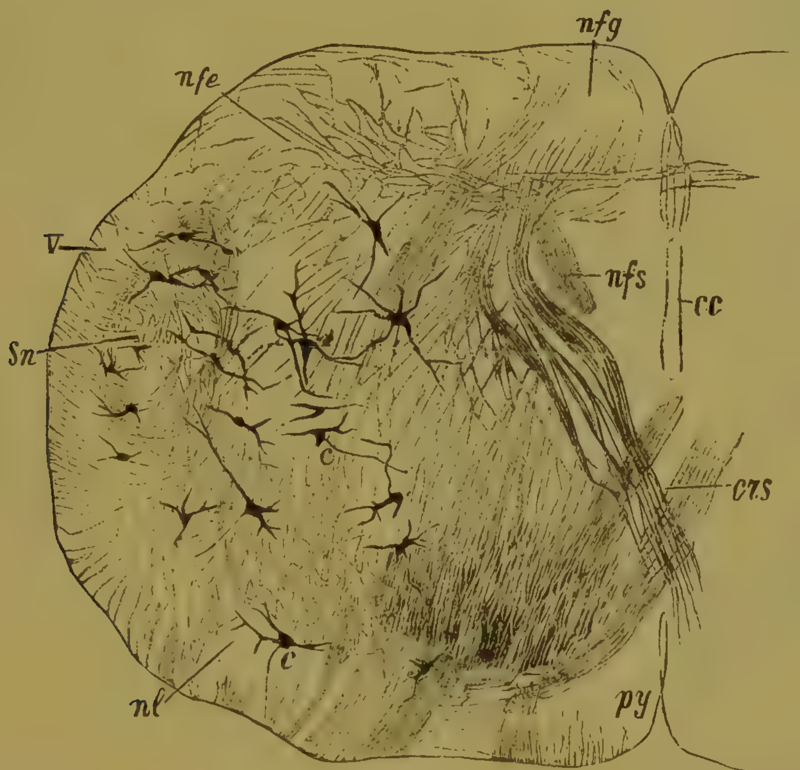



Fig. 323.

Medulla oblongata in der Gegend der oberen Kreuzung. Von einem neugeborenen Kätzchen. *Golgi.* Nach Präparaten von *F. Teljatnik.* *py* Pyramide; *nl* Gegend des Seitenstrangkerns; *sn* Substantia gelatinosa nervi trigemini; *V* Radix ascendens nervi trigemini; *nfc* (auf der Figur fälschlich *nfe*) Gegend des *Burdach*schen Kernes; *nfg* Gegend des *Goll*schen Kernes; *nfs* Anfangsteil des Fasciculus solitarius; *crs* obere Kreuzung; *cc* Centralkanal. — Die Nervenzellen der Formatio reticularis helfen die sog. Substantia reticularis grisea bilden.

An nach *Pal* behandelten, von Dr. *Shukoff* in meinem Laboratorium gefertigten Durchschnitten des Gehirns neugeborener Hunde vermag mit grösster Anschaulichkeit ein ziemlich ansehnlicher Faserzug nachgewiesen werden, welcher die lateralen Abschnitte der Formatio reticularis bezw. die hier eingelagerten Seitenstrangkerne und den Nucleus ambiguus mit dem anderseitigen medialen Felde derselben in Verbindung setzt (Fig. 324). Von den genannten Kernen aus erhebt sich der Faserzug zwischen dem Fasciculus solitarius und dem dorsalen Vaguskern zum Boden der Rautengrube. Hier wenden sich seine Elemente einwärts, biegen um die ventrale Seite des Hypoglossuskernes, kreuzen

in der Raphe mit entsprechenden Fasern der anderen Seite und gehen hier sodann in das innere Feld der Formatio reticularis über, woselbst sie u. a. auf den sog. Nucleus respiratorius stossen. Auf Faserzüge, die ventral an dem Hypoglossuskern vorbeiziehen, ist schon von verschiedenen Beobachtern hingewiesen worden, doch konnte der weitere Verlauf derselben bis anhin nicht ermittelt werden.

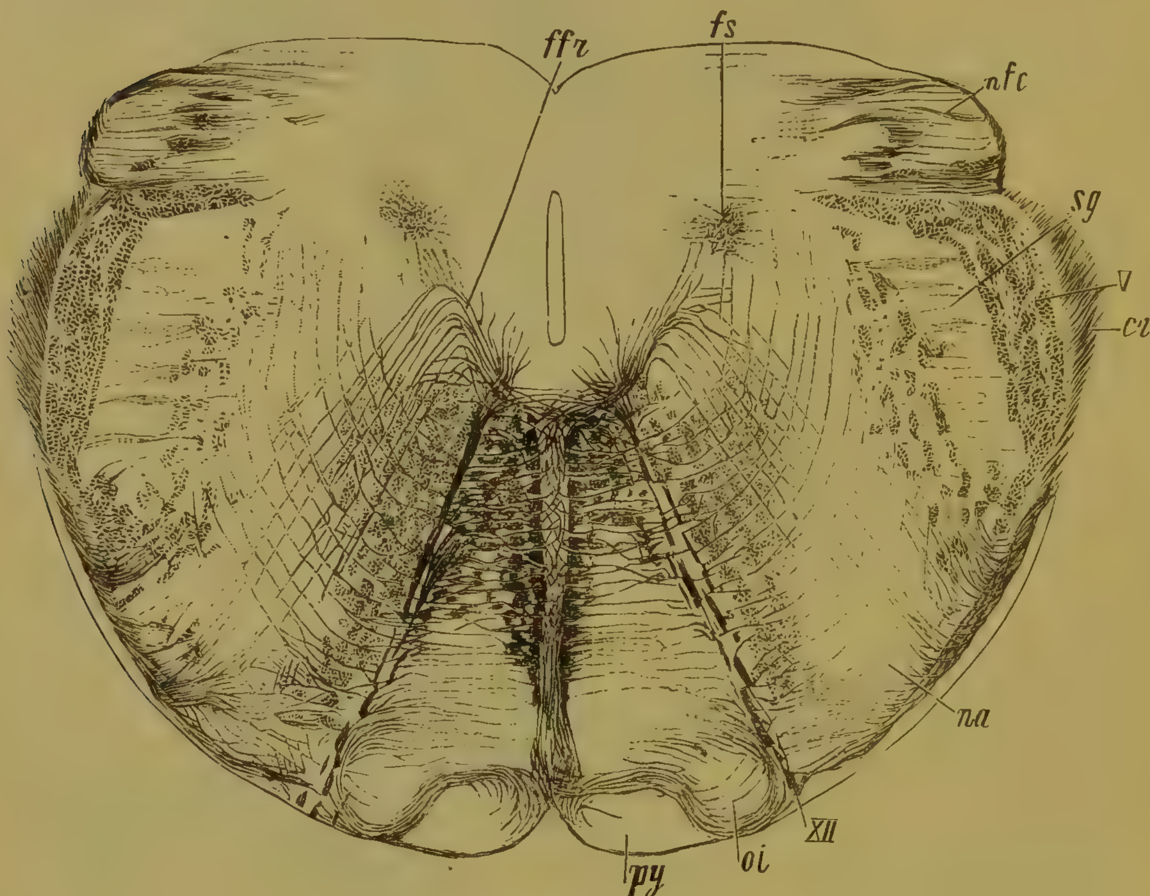



Fig. 324.
Schnitt durch den oberen Teil der Oblongata eines mehrere Wochen alten Hundes. Nach einem *Pal* von *N. Shukoff*. *ffr* Faserzüge unterhalb des Hypoglossuskernes, zu der Gegend der Nuclei ambigui sich wendend; *fs* Fasciculus solitarius; *nfc* Nucl. funiculi cuneati; *V* Radix descendens trigemini; *sg* Subst. gelatinosa trigemini; *cr* Corpus restiforme; *na* Gegend des Seitenstrangkernes; *XII* Nerv. hypoglossus; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramide.

Mit jenen Bahnen, welche aus den Kernen des Vagus und Hypoglossus zur Raphe ziehen und hier zur Olivenzwischenschicht hinabsteigen, hat der betrachtete Faserzug nur insofern etwas Gemeinsames, als beide eine Strecke weit nebeneinander liegen.

Zwischen den beiden vorderen Kernen des Ramus cochlearis scheinen Associationsbahnen zu bestehen, die im Corpus trapezoideum verlaufen. Andererseits entspringen in den vorderen Acusticuskernen Faserzüge, die gleichfalls in den Trapezkörper eintreten, sich aber teils in der gleichseitigen, teils in der anderseitigen oberen Olive verlieren, teils direkt in die laterale Schleife übergehen.

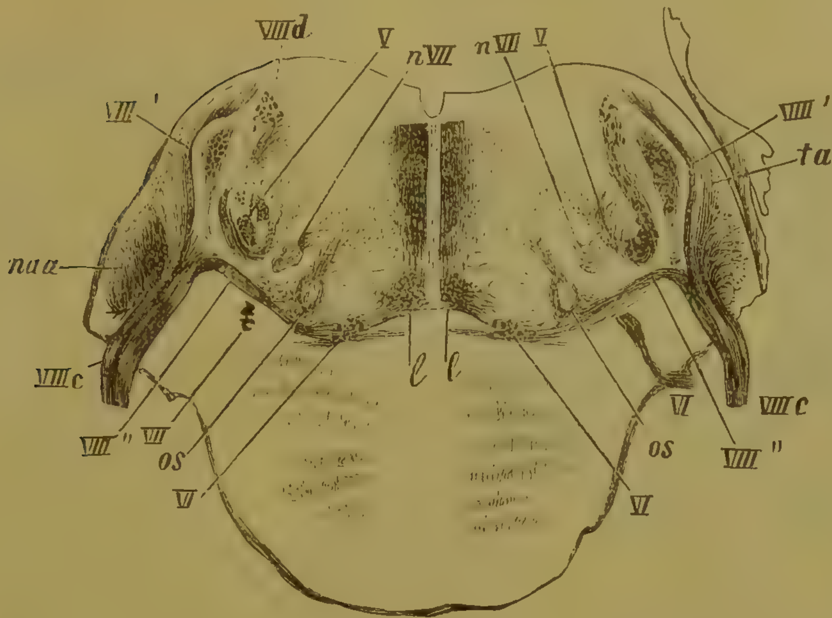



Fig. 325.
Schnitt durch das Gehirn eines neunmonatigen menschlichen Foetus in der Gegend der Acusticuswurzeln. *n VII* Nucl. nervi facialis; *V* Radix descendens trigemini; *VIII'* Wurzelfasern des Acusticus, teils zum Tuberculum acusticum emporsteigend, teils in die Striae acusticae *Monakow* übergehend; *VIIId* Radix descendens des vorderen Acusticusastes; *naa* Nucl. anterior acustici; *VIIIc* Ramus cochlearis der Acusticuswurzel (hintere Wurzel); *VIII''* Wurzelfasern des Acusticus, direkt in das Corpus trapezoideum übergehend zur Verbindung mit den beiderseitigen Oberoliven; *VII* ein Teil der Facialiswurzel; *os* obere Olive; *VI* ein Teil der Abducenswurzel; *ll* Schleifenschicht; *ta* Tuberculum acusticum. Schnittbehandlung nach *Weigert*.

Die Faserung des Trapezkörpers erweist sich dem Obigen zufolge als eine äusserst verwickelte. Mindestens mehrere Arten von Fasern sind darin zu unterscheiden: die einen kommen aus dem Ramus cochlearis des Gehörnerven und aus dessen vorderem Kern und gelangen direkt oder durch Vermittelung der oberen Olive zur anderseitigen, zum Teil aber auch zur gleichseitigen lateralen Schleife, andere bilden eine Kommissur zwischen den beiden vorderen Acusticuskernen, noch andere gehen von letzteren direkt zu der gleichseitigen Oberolive, welche ihrerseits durch die Trapezformation Faserzüge in die entgegengesetzte laterale Schleife eintreten lässt. Endlich gesellt sich aus dem Kleinhirn, durch den medialen Abschnitt seines hinteren Schenkels, zum Trapezkörper ein Faserzug (Fig. 328 *fos*), welcher vom Dachkern des Cerebellum zur oberen Olive abwärts steigt (s. unten).

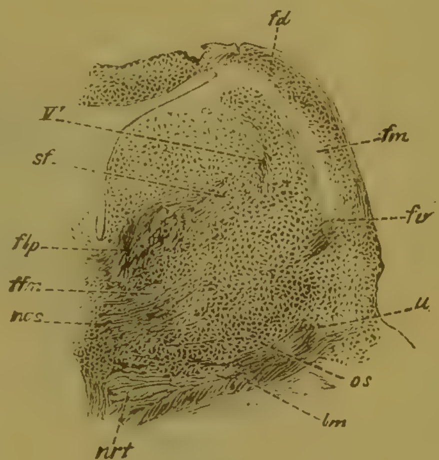



Fig. 326.
Aus einem Querschnitt zwischen hinterem Vierhügel und Kleinhirn vom Neugeborenen. *fd* dorsales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *fm* mediales Bündel, *fv* ventrales Bündel des letzteren; *V'* Radix descendens n. trigemini; *sf* Substantia ferruginea; *flp* hinteres Längsbündel; *ffm* Fasern der Formatio reticularis zum oberen Centralkern und zum Nucl. reticularis; *ncs* Nucl. centralis superior; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *lm* Lemniscus; *os* Oliva superior; *ll* laterale Schleife.

Fig. 327.

Aus einem Querschnitt durch den hinteren Vierhügel eines 33 cm langen Foetus. Methode von *Weigert.* *flp* hinteres Längsbündel; *ncs* Nucl. medianus; *fd* vorderer Kleinhirnschenkel, dorsales Bündel; *fm* Faserzüge der Formatio reticularis, in den medialen Kern eintretend; *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *bn* äusserer Abschnitt der Hauptschleife.

Auch die von mir beschriebenen Endkerne des vestibularen Gehörnervenastes am lateralen Winkel der Rautengrube sind, wie Durchschnitte des embryonalen Hirns darthun, durch einen besonderen Faserzug miteinander verbunden. Derselbe liegt ventral an dem vorderen Kleinhirnschenkel, beteiligt sich aber nicht an dessen Kreuzung, sondern überschreitet etwas hinter letzterer nach Art einer Kommissur die Raphe. Da dieser Faserzug distalwärts nur bis zu

Fig. 328.

Teil eines Querschnittes durch Kleinhirn und Medulla oblongata von einem 44 cm langen Foetus. *cd* Corpus dentatum; *em* Embolus; *ng* Nucleus globosus; *nt* Nucleus tecti; *v* Rinde des Kleinhirnwurmes; *fd* dorsales, *fm* mittleres, *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *nVIII'* von mir beschriebener Acusticuskern (Hauptkern des Nerv. vestibularis); *fnVIII* Faserzüge aus *nVIII'* zu den centralen Kleinhirnkernen (vorwiegend zum Nucleus globosus und zum Embolus); *ffg* Fasern des Corpus restiforme aus dem Nucleus funiculi gracilis (Fortsetzung der Fibrae arcuatae externae anteriores des verlängerten Markes); *foi* Faserzüge aus den unteren Oliven, noch marklos; *fcr* Faserzüge des Corpus restiforme aus dem Kleinhirnseitenstrang, aus dem Nucleus funiculi cuneati und aus dem Seitenstrangkern; *fos* Faserbündel aus dem Nucleus tecti zur Oberolive; *fnt* Faserzug aus dem Dachkern zur Rinde des Wurmes; *fng* Faserzüge aus dem Nucleus globosus und emboliformis zur Rinde des Wurmes. *Weigert*'sche Behandlung.

den genannten Kernen verfolgt werden kann, so muss man annehmen, dass er zwischen denselben eine Kommissur erzeugt.

Unter den Fasern der motorischen Kerne kommen nach der Ansicht einiger Autoren Associationsbahnen vor, die zur Verbindung der beiderseitigen Oculomotoriuskerne dienen. *Koch* beschreibt ausserdem Faserzüge dicht dorsomedial vom Hypoglossuskern, welche die einzelnen Teile dieses Kerns in der Längsrichtung verbinden sollen.*) Zahlreiche solche Elemente sind übrigens auch in dem dorsalen Längsbündel von *Schütz* enthalten (s. unten).

Kommissurenfasern finden sich ferner zwischen beiden Hypoglossuskernen. Letztere stehen, gleich den dorsalen Kernen des Glossopharyngeus nach meinen Beobachtungen durch zahlreiche Fasern mit dem gleichseitigen Vorderstrangkern in Verbindung. Von den Beziehungen der langen Dendriten der Hypoglossuskerne zu dem lateralen Felde der Formatio reticularis ist schon früher die Rede gewesen (Fig. 129).

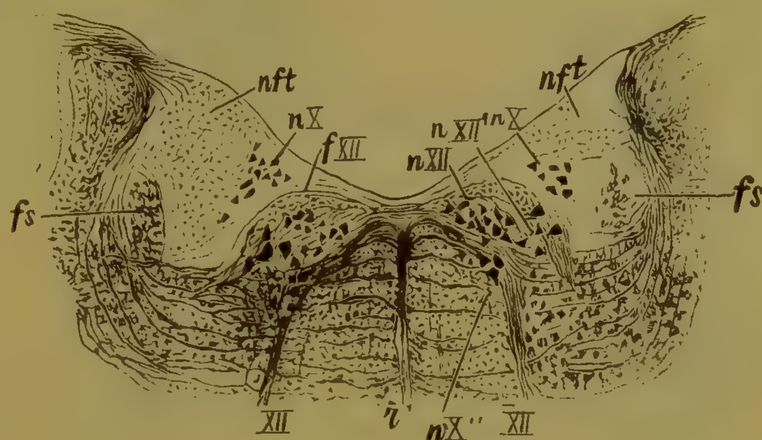



Fig. 329.

Gegend der Hypoglossus- und Vaguskerne eines neugeborenen Hundes nach Entfernung eines Stückes vom rechten Vagus. Nach einem Präparate von *Ossipoff*. *XII* Wurzeln des Hypoglossus; *fXII* Associationsfasern des Hypoglossus, dorsal vom Hypoglossuskerne verlaufend; *nX* Nucleus nervi vagi; *nft* kleinzelliger Vaguskern; *fs* Fasciculus solitarius; *nXII* Hauptkern des Hypoglossus; *nXII'* Nervenzellen am lateralen Rande des Hypoglossuskernes; *nXII''* ventraler Teil des Hypoglossuskernes; *r* Raphe. Infolge der erwähnten Operation sind *fs*, *nft* und *nX* rechts atrophisch. — Karminpräparat.

Von den Augenmuskelnerven steht vor allem der Abducens, wie ich bereits vor Jahren nachgewiesen,**) durch einen besonderen Faserzug (Fig. 330 *fos*) mit der oberen Olive in Zusammenhang. Ausserdem werden die Kerne sämtlicher Augenmuskelnerven (Abducens, Trochlearis, Oculomotorius) untereinander verknüpft durch Bestandteile des

*) *Forel* leugnet das Vorkommen solcher Fasern und deutet die Kommissurenfasern *Kochs* als um den Kern biegende Wurzelfasern des Hypoglossus. Versuche mit Durchschneidung des Hypoglossus, die Dr. *Djeloff* in meinem Laboratorium angestellt, haben jedoch gezeigt, dass an nach *Marchi* behandelten Durchschnitten der Hypoglossusgegend bei ausgesprochener Degeneration der Wurzelfasern in den *Koch*schen Fasern keine Spur von Entartung, sondern nur einfache Atrophie beobachtet wird.

**) Über die Verbindungen der Oberoliven und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung. Wratsch 1885. Ref. in Neurol. Centralbl. 1885, No. 21.

hinteren Längsbündels, die sich durch spätere Entwickelung bezw. geringere Stärke und durch ihre laterale Lage auszeichnen. Von dem Vorhandensein einer gekreuzten Verbindung zwischen dem Abducens- und Oculomotoriuskern (*Duval* und *Labord*) vermochte *Nussbaum**) sich nicht zu überzeugen und bestätigt nur, dass aus dem Kern des Abducens und Trochlearis Fasern dem hinteren Längsbündel sich zugesellen. Dahingegen finde ich an eigenen Präparaten Faserzüge, die aus der Gegend des Abducenskerns durch das gleichseitige hintere Längsbündel zur Raphe vordringen und mit solchen der anderen Seite kreuzend in das contralaterale hintere Längsbündel übergehen, mit welchem sie vielleicht zu den Kernen des Oculomotorius gelangen (Fig. 331)**). Andererseits sind beim Embryo Fasern aus dem Trochleariskern zum Fasc. longit. posterior der nämlichen Seite nachweisbar (Fig. 332).

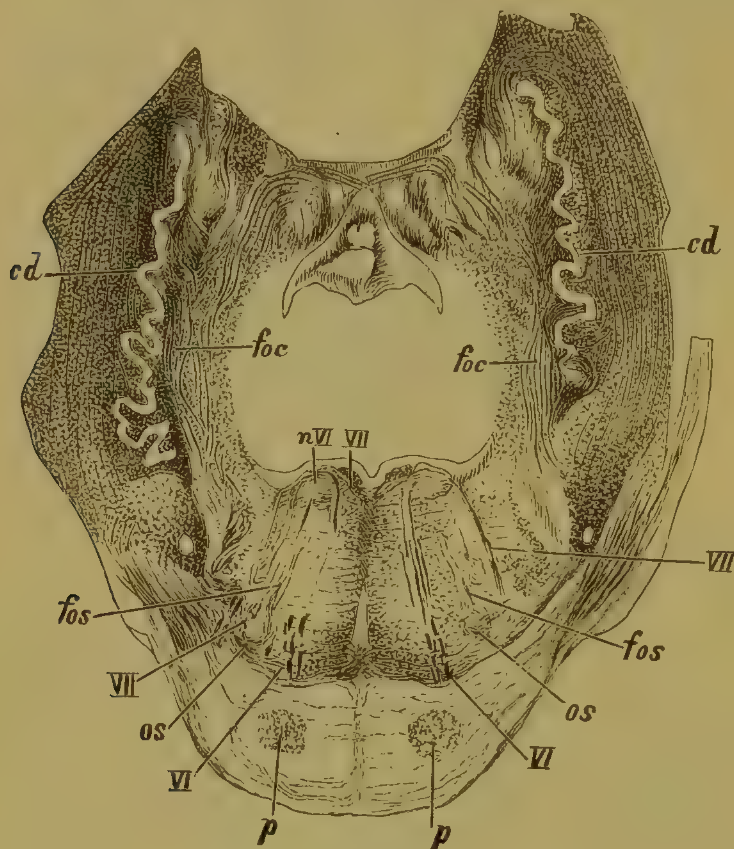



Fig. 330.
Schnitt durch die Brücke eines Neugeborenen. *cd* Corpus dentatum; *fos* Faserzug aus der Oberolive zum Nucleus nervi abducentis; *VII* Facialiswurzel; *os* Oliva superior, ventral davon sieht man Fasern des Trapezkörpers; *VI* Wurzelfasern des Nerv. abducens; *p* Pyramis; *foc* Faserbündel, von der Oberolive zum Dachkern hinaufsteigend und unterhalb dieses sich kreuzend (aussen von *foc* liegt die Faserung des Corpus restiforme); *nVI* Abducenskern. Behandlung nach *Pal.*

Von den Beziehungen des vorderen Vierhügelganglions zum Nerv. oculomotorius ist alles wesentliche bereits berichtet worden. Hier soll nur hervorgehoben werden, dass dieses Ganglion, wie ich an Durchschnitten des Maulwurfhirns eruieren konnte, mit der Zirbel durch einen schmächtigen Faserzug verbunden ist,

*) Wiener Medicin. Jahrbücher 1887. Vergl. hierzu *Bregmann* a. a. O.

**) Die gekreuzten Oculomotoriusfasern versorgen vorzugsweise den Musc. rectus internus (*Spitzka*). Hiernach würde die Annahme einer Faserkreuzung im Sinne *Duvals* und *Labords* zur Erklärung des Zusammenwirkens des M. rectus lateralis der einen Seite mit dem Rectus medialis der andern sogar überflüssig erscheinen.

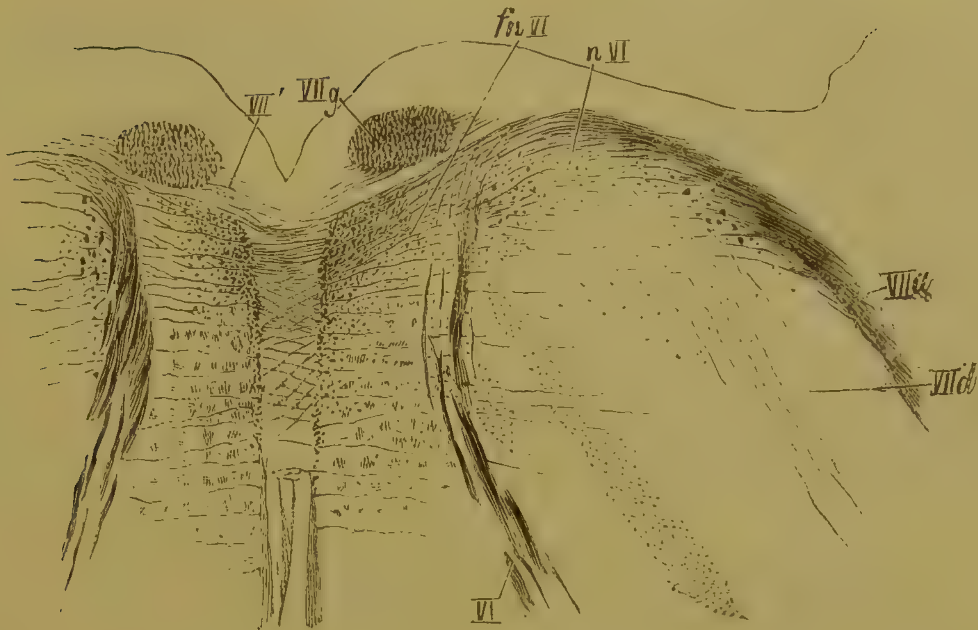



Fig. 331.

Durchschnitt in der Gegend des Abducenskerns, von einer 33 cm langen menschlichen Frucht. *Weigert*sche Färbung. *VIIa* aufsteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIId* absteigender Schenkel der Facialiswurzel; *nVI* Kern des Nerv. abducens; *fnVI* Faserzüge aus dem Abducenskern zum contralateralen Fasciculus longitudinalis posterior; *VIIg* Knie der Facialiswurzel; *VII'* Facialisfasern, welche auf die andere Seite übertreten; *VI* Wurzelfasern des Abducens.

welcher unter der Epiphyse kreuzend sich distalwärts wendet und alsbald im medialen Teil des vorderen Vierhügels verschwindet. Aus dem Stratum zonale thalami begiebt sich ein schwacher Faserzug abwärts nahezu längs dem gesamten medialen Rand des vorderen Vierhügels, doch ist über die cerebralen Verbindungen desselben nichts bestimmtes bekannt. Die laterale Schicht des vorderen Vierhügelganglions, welche distal mit dem Stratum zonale des hinteren Vierhügels kontinuierlich ist, erstreckt sich, wie oben erwähnt, in kaudaler Richtung bis zum vorderen Marksegel bezw. zum Kleinhirn.




Fig. 332.

Durchschnitt des Gehirns einer 6 Monate alten menschlichen Frucht. *cbp* hinteres Vierhügelganglion; *cpb* Corpus parabigeminum; *lc* laterale Abteilung der Hauptschleife; *flp* hinteres Längsbündel; *IV* Wurzeln des Abducens; *nIV* Abducenskern; *fnIV* Faserzüge aus dem Abducenskern zum hinteren Längsbündel.

Zu erwähnen ist ferner eine Verbindung zwischen Ganglion habenulae und der Riechsphäre durch Vermittelung der sogen. Taenia thalami (Fig. 267). Das nähere hierüber findet in dem Abschnitt über Olfactoriusbahnen Erledigung.

Anknüpfend an die Bahnen der Gehirnnerven soll hier mit einigen Worten auf das sogen. dorsale Längsbündel des centralen Höhlengraues hingewiesen werden. Dasselbe zieht durch das Grau des gesamten Hirnstammes und soll nach Angaben von *Schütz* mit den Kernen aller Gehirnnerven und vielen anderen Ganglien in Verbindung stehen. Seine oberen Verästelungen können bis an die Gegend des Infundibulum verfolgt werden und erreichen die Kerne des Thalamus, das Ganglion habenulae, das Tuber cinereum, das Ganglion basale opticum, das Corpus subthalamicum und die Linsenkernschlinge.

Im Bereiche des Aquaeductus Sylvii erscheint dieses dorsale Längsbündel mehr oder weniger zerstreut in der Masse des Höhlengraues. Einige seiner Fasern gehen nach *Schütz* zur hinteren Kommissur, andere wenden sich durch das Dach des Aquaeduktes zum vorderen und hinteren Vierhügel, noch andere endlich scheinen durch das Velum medullare anterius dem kleinen Gehirn zuzustreben. Die Hauptmasse jedoch verläuft longitudinal im Boden des Aquaeductus Sylvii und dringt in das basale Grau der Rautengrube ein, um sich nahezu in ganzer Ausdehnung der letzteren dicht bis zur Vagusgegend diffus auszubreiten. Im Niveau des Vagus treten die Bestandteile des betrachteten Bündels dichter zusammen und erzeugen in der Nachbarschaft des Hypoglossus das *Koch*sche Markfeld. Nach geschehener Formierung des Centralkanales lagern sie sich um denselben in Form einer Schicht feiner Längsfasern.

Ausser zu den Hirnnervenkernen und den anderen, vorhin erwähnten Gebilden gehen Fasern des dorsalen Längsbündels zur Formatio reticularis, ja sie erreichen den Faserfilz der grauen Vordersäulen des Rückenmarkes.

Nach den Ermittelungen *Obersteiner*s hat man ausserdem ein mediales Längsbündel zu unterscheiden, besonders da, wo der Nucleus funiculi teretis gut entwickelt ist. Die aus diesem Kern hervorgehenden Fasern lagern als einheitliches Bündel beiderseits neben der Mittellinie und laufen unter dem Ventrikelependym hirnwärts. Das obere Ende des Bündels vermutet *Obersteiner* im Nucl. centralis superior.

Die in dem centralen Grau sich findenden dichten Fasergeflechte bestehen, wie *Golgi*sche Untersuchungen darthun, zum Teil aus Ramifikationen zahlreicher Zellen von *Golgi*schem Typus, sowie aus Kollateralen der nachbarlichen Fasersysteme. Sogar aus den tieferen ventralen Teilen der Formatio reticularis gehen Kollateralen strahlenförmig

zu dem centralen Grau. Ferner gelangen hierher Kollateralen benachbarter innerer Bogenfasern, und solche von Wurzelfasern sensibler Nerven, wie des Vagus, Glossopharyngeus, Vestibularis und Trigeminus.

In der Vierhügelgegend erfolgt eine weitere Einstrahlung von Kollateralen aus den Neuriten benachbarter Zellen, aus der motorischen Trigeminuswurzel, aus dem hinteren Längsbündel, aus der Schleifenschicht, aus dem vorderen Kleinhirnarm und aus aufsteigenden Fasern des lateralen Feldes der Formatio reticularis. Einen ferneren Zuwachs an Kollateralen erhält die centrale graue Substanz aus den Neuriten des Nucleus centralis superior medialis; dieselben biegen augenscheinlich in das dorsale Längsbündel des centralen Grau um (*Held*).

Nach Beschädigungen der centralen grauen Substanz degenerieren die Fasermassen derselben, wie *Marchi*-Präparate unschwer darthun, in ziemlich bedeutender Ausdehnung, ganz besonders jedoch in absteigender Richtung. Dies ist neben Degeneration des Stratum zonale thalami und der hinteren Kommissur von mir auch im Anschluss an Läsionen der Schläfenlappenrinde gesehen worden. Wahrscheinlich dienen hierbei zunächst Elemente des Stratum zonale und des Ganglion habenulae als Bindeglieder.

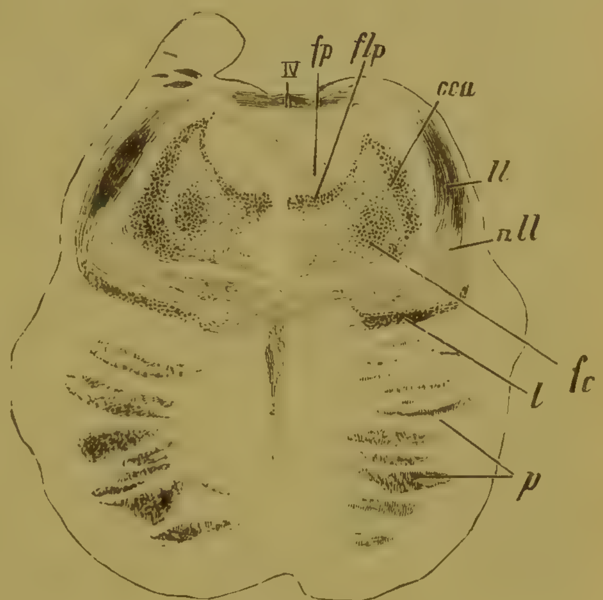



Fig. 333.
Von einem einige Wochen alten Kinde. Der Schnitt ist hinter den Vierhügeln hindurchgelegt. *IV* Trochleariswurzel, über dem Aquaedukt kreuzend; *fp* Gegend des hinteren Längsbündels von *Schütz*; *flp* hinteres Längsbündel; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fc* centrale Haubenbahn; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn.

Die Bestandteile der mittleren Gehirnkommissur gehen von einer Seite zur anderen. Sie besitzen höchstwahrscheinlich auch Beziehungen zu dem *Schütz*schen Bündel, doch scheint ein Teil des letzteren die Ganglien der beiden Sehhügel untereinander zu verknüpfen.

Anomale Faserzüge im verlängerten Marke sind von verschiedenen Autoren, so von *Pick*, *Henle*, *Cramer*, *Schaffer*, *Kronthal*, *v. Gieson*, *J. Heard*, *Obersteiner*, *Epstein*, *Rychlinski*, *mir* und Anderen beschrieben worden. Ich selbst habe derartige Bündel wiederholt beobachtet. Eines derselben ist von *Pick*, ein anderes von *Obersteiner* beschrieben worden. Nach der Häufigkeit des Vorkommens steht

obenan das *Pick*sche Bündel. Dasselbe verbirgt sich kaudalwärts in der Gegend der Pyramiden oder öfters noch mehr nach unten in dem Seitenstrang und lagert in der Medulla oblongata meist gut abgegrenzt, ja von Bogenfasern umgeben medial und etwas ventral von der Substantia gelatinosa. Dieses Lageverhältnis behält es für gewöhnlich auch weiter proximal bei, doch geht seine scharfe Begrenzung unter Zerfall in mehrere kleine Bündelchen in der unteren Brückengegend nach und nach verloren, so dass der obere Endverlauf nicht mit voller Sicherheit zu eruieren ist. In letzter Zeit meldet *Hoche* auf Grundlage eines Falles von unilateraler Degeneration der Pyramidenbahn, der in Rede stehende Faserzug stelle eine anomale einseitige Kreuzung von Pyramidenfasern vor. Dieselbe könne schon in der Brücke im Niveau der Facialiskerne mit vereinzelten, später verschmelzenden Bündelchen beginnen, nehme weiter unten neue Fasern aus der entgegengesetzten Pyramide auf, finde sich noch unterhalb der eigentlichen Decussatio pyramidum im Gebiete des Hinterhornhalses vor und gehe schliesslich in die Pyramidenseitenstrangbahn auf. Der obere Anfang des Bündels würde gewissermassen den Fasern entsprechen, die von der Pyramidenbahn sich zum Facialiskern abzweigen; im Gebiete des Hypoglossuskernes nimmt es Pyramidenfasern in sich auf; sein unteres Ende schliesslich verschwindet in der Höhe der oberen Cervicalwurzeln bezw. des N. accessorius. Der Faserzug scheint sonach auf seiner Bahn den motorischen Hirnnervenkernen Pyramidenfasern zuzuführen. Sein anomales Auftreten kann als eine der häufigen Varietäten der Pyramidenkreuzung angesehen werden.

Ein zweiter anomaler Faserzug tritt häufig in der Mitte des Rautengrubenbodens aus der Gegend des Nucleus funiculi teretis hervor und weicht aufwärts zumeist in zwei, ja in drei getrennte Bündelchen auseinander. In Betreff des proximalen Endverlaufes fehlt es auch hier an sicheren Angaben. Nach *J. Heard* und *Obersteiner* soll der Faserzug den Nucleus funiculi teretis mit dem oberen Centralkern bezw. mit dem Nucleus medianus verknüpfen, nach Anderen hinwiederum (*Rychlinski*) zu dem dorsalen Längsbündel von *Schütz* in Beziehungen stehen und hierdurch bei der gegenseitigen Verbindung der Hirnnervenkerne beteiligt sein. Letzterer Satz scheint sich nach meinen Beobachtungen zu bestätigen.

In seltenen Fällen sieht man einen anomalen Faserzug quer über die Hirnbasis von der Spitze des Schläfenlappens medianwärts zur Gegend des Rhinencephalon verlaufen, wo er sich der weiteren Untersuchung entzieht.

Die Markscheidenentwickelung im Gehirnstamme zeigt

sich am frühesten, im V. Foetalmonat, an vielen Hirnnervenwurzeln, an einem Teile der in direkter Fortsetzung der Vorderseitenstranggrundbündel liegenden Längsfasern der Formatio reticularis medullae oblongatae, sowie an einigen Bestandteilen des Fasciculus longitudinalis dorsalis. Von den Gehirnnerven haben mir eigene Untersuchungen gezeigt, dass zu allererst die motorischen Wurzeln: Hypoglossus, Oculomotorius, Trochlearis, Abducens, zur Entwickelung gelangen. Der sensorische Abschnitt des Glossopharyngeus ummarkt sich etwas später als der Vagus; die vordere Wurzel des Acusticus frühzeitiger als die hintere. Der Nervus und Tractus opticus aber erscheint noch zur Zeit der Geburt nicht überall myelinhaltig. Was die Longitudinalfasern der Formatio reticularis betrifft, so entwickeln sich zunächst die der Raphe angrenzenden Züge des medialen Feldes nebst einer kleinen Anzahl zerstreuter Elemente des medialen und des lateralen Feldes. Aufwärts macht sich ein rapider Faserschwund in den zuerst markhaltig gewordenen Teilen der Formatio reticularis bemerkbar, ganz besonders oberhalb der Vorderstrangkerne und der unteren Centralkerne. In der Gegend des Nucleus reticularis tegmenti wird ihre Anzahl noch viel geringer und gehen die wenigen hier noch vorhandenen in die schmächtigen dorsalen Längsbündel und in den Nucleus medianus über. Die Bogenfasern der Formatio reticularis erscheinen um diese Zeit noch grösstenteils völlig marklos, nur wenige markhaltige solche Elemente sind in der Medulla oblongata zu sehen. Zu den frühzeitig entwickelten Faserzügen gehören ferner die Elemente des Trapezkörpers und der lateralen Schleife. Ihre Ummarkung erfolgt gleichzeitig mit der der hinteren Acusticuswurzel.

Im Verlaufe der späteren Entwickelung wird die Formatio reticularis nach und nach reicher an Markfasern, sowohl in ihrem medialen Felde, wie auch in den angrenzenden Teilen des lateralen Feldes. Das hintere Längsbündel nimmt Markfasern auf, der ventrale Abschnitt der hinteren Kommissur wird ebenfalls markweiss; es entwickeln ferner Markscheiden die Elemente der fontänenförmigen und *Forel*schen ventralen Kreuzung und die der Kleinhirnbahn angehörenden centralen Gebiete des Strickkörpers. Sodann treten in dem lateralen, nach und nach auch in dem medialen Abschnitt der Hauptschleife, in der Haubenkreuzung von *Forel* und in dem aberrierenden Bündel Markfasern auf. Gleichzeitig ummarkt sich die Linsenkernschlinge nebst den Bestandteilen der *Meynert*schen Kommissur; die Formatio reticularis, insbesondere die Gegend der sensiblen Kreuzung, erhält neuen Zuwachs an Bogenfasern und die Bestandteile des vorderen Kleinhirnschenkels beginnen Myelin aufzunehmen. In der Folge werden die Formatio reticularis, das Corpus restiforme und der vordere Kleinhirnarm immer reicher an myelinhaltigen Elementen; es

umscheiden sich die Faserzüge vom hinteren Vierhügel zum Nucleus reticularis und zur Brücke, sowie der Fasciculus retroflexus.

Um die Zeit der Geburt erweisen sich markhaltig der grösste Teil der Formatio reticularis mit Ausnahme ihrer dorso-lateralen Abschnitte und der centralen Haubenbahn, sowie die Mehrzahl der Fasern des hinteren Brachiums. Das Corpus restiforme ist in seiner Entwickelung schon weit vorgeschritten, dagegen befindet sich die Ummarkung der cerebello-olivaren Bahnen noch ganz in den Anfängen. Markhaltg sind ferner sämtliche Elemente des vorderen Kleinhirnschenkels einschliesslich ihrer centralen Fortsetzung jenseits des roten Kernes, die centrale Bahn des Fasciculus antero-lateralis, das spinale Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels und der Fasciculus verticalis der Brücke. Eine schwache Myelinhülle zeigen endlich die Pyramidenbahnen, die dorsalen Fasern der hinteren Kommissur und die absteigenden Thalamusbündel.

Nach der Geburt endlich ummarken sich: Teile des dorsolateralen Feldes der Formatio reticularis und die centrale Haubenbahn, die accessorische Schleifenbahn (mediale accessorische Schleife und die zerstreuten accessorischen Bündel), die in der centralen Fortsetzung von Hirnnerven liegenden Bogenfasern der Formatio reticularis, das cerebrale Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels, die frontale und die occipito-temporale Brückenbahn, die centralen Bahnen der Substantia nigra, die Faserzüge aus dem vorderen Vierhügelganglion zur Capsula interna und die Bahnen des Corpus mammillare.

Die nunmehr kurz zu berührende Frage nach der **physiologischen Bedeutung** der im obigen behandelten Bahnen und Faserzüge des Gehirnstammes birgt eine Reihe ausserordentlicher, ja zum Teil unüberwindlicher Schwierigkeiten in sich, diese Schwierigkeiten erscheinen um so beträchtlicher, als viele und besonders die tiefer gelegenen Teile des Hirnstammes einer experimentellen Untersuchung kaum zugänglich sind. Folgende Verhältnisse erleichtern hier jedoch die Orientierung. Es erscheint zunächst natürlich, dass die centrale Fortsetzung einer gegebenen Rückenmarksbahn im Gehirnstamm die nämlichen physiologischen Aufgaben haben wird, wie im Marke. Hierzu kommt der Umstand, dass die Endstätten jener Rückenmarksfaserzüge im verlängerten Mark dank den experimentellen Untersuchungen ihrer physiologischen Bedeutung nach mehr oder weniger bekannt sind. Letzteres gilt auch von den Ursprungs- und Endstätten gewisser Bestandteile des Gehirnstammes, wie der Gehirnnerven. Die funktionelle Bedeutung noch anderer Fasermassen endlich kann in manchen Fällen aus ihren Beziehungen zu der Hirnrinde, deren Physiologie sich schon jetzt auf guten Grundlagen befindet, abgeleitet werden. Die so er-

möglichten Aufschlüsse werden sich in vielen Fällen naturgemäss als unzureichend erweisen. In diesen Fällen bleibt dann nur der direkte Versuch übrig. Die Schwierigkeiten aber, die dem Experiment in der Physiologie des Rückenmarks gegenüberstehen, erscheinen in Bezug auf den Hirnstamm nur noch beträchtlicher. Aus diesem Grunde sind viele Verhältnisse nur mit Zuhilfenahme pathologischer Befunde darstellbar, in anderen Fällen vermögen nur ganz spezielle Verfahren, wie das der embryologisch-physiologischen Untersuchung (s. Einleitung) die gewünschten Aufschlüsse zu geben.

Die Bedeutung der Nervenwurzeln ergiebt sich schon aus ihren Beziehungen zu den entsprechenden Gehirnnerven. In Bezug auf die Teilung einiger Nervenwurzeln in mehrere getrennt verlaufende Bündel bedarf es nur des Hinweises auf frühere Ausführungen.

Die Betrachtung der Physiologie des Hirnstammes geht am besten von den als unmittelbare centrale Bahnen von Rückenmarkssträngen sich darstellenden Faserzügen aus. Doch sollen hier zunächst zwei Systeme, nämlich die Kleinhirnbahn und der Fasciculus anterolateralis, sowie eine Reihe von Elementen der Kleinhirnschenkel ausser Acht gelassen werden, da sie infolge ihrer innigen Beziehungen zum Kleinhirn mit Vorteil in die Darstellung der Kleinhirnbahnen einbezogen werden können.

Die Hauptschleife führt, wie wir sahen, die Bahnen der Hinterstränge des Rückenmarkes durch den Hirnstamm centralwärts. Sie enthält aber auch in der vorderen Kommissur kreuzende Elemente des Seitenstranges, offenbar centrale Bahnen von Hinterwurzelfasern. Durch diese ihre Bestandteile schon bekundet die Schleife ihre Bedeutung als Hauptleitungsbahn der Sensibilität. Da sie ausser Hinterstrangfasern auch Fasern aus den Seitensträngen beherbergt, so ist mehr als wahrscheinlich, dass verschiedene sensible Qualitäten in der Schleifenbahn weitergeleitet werden. Man darf vermuten, dass die Seitenstrangfasern der Schleife die Leitung der Hautsensibilität, die an den Hinterstrang sich anschliessenden Elemente derselben die Leitung der Muskelsensibilität übernehmen.

In der Hauptschleife verlaufen vorwiegend die sensiblen Leitungsbahnen der gekreuzten Körperhälfte. Wichtige pathologische Befunde sind mit aller Entschiedenheit in diesem Sinne zu deuten, insbesondere ist hier an die schon angeführten Beobachtungen von *Kahler* und *Pick*, *P. Meyer*, *Rossolymo*, *Henschen* und an die Fälle von *Leyden**), *Hunnius***), *Bleuler****), *Senator*†), *Eisenlohr*††) und Anderen zu erinnern.

*) *Leyden*, Klinik der Rückenmarkskrankheiten. Berlin 1878.

**) *Hunnius*, Zur Symptomatologie der Rückenmarkskrankheiten. Bonn 1881.

***) *Bleuler*, Deutsch. Arch. f. klin. Medicin 1885.

†) *Senator*, Arch. f. Psychiatrie. Bd. XIX.

††) *Eisenlohr*, Deutsche medicinische Wochenschrift 1892.

In einem von mir beobachteten Fall von peripherer Lähmung des Facialis und des motorischen Trigeminusastes mit Anästhesie der gekreuzten Körperhälfte fand sich bei der Sektion in der Brückenhaube ein kleiner Erweichungsherd im Bereiche der Facialiswurzel, der motorischen Trigeminuswurzel und eines Teiles der Hauptschleife. Eine erwünschte Stütze erhalten die klinisch-pathologischen Beobachtungen durch Ergebnisse systematischer experimenteller Untersuchungen, wie sie neuerdings in meinem Laboratorium von *W. P. Bogatschoff* angestellt worden sind. Nach den Befunden dieses Autors hat unilaterale Zerstörung der Schleifenschicht im oberen Teile des verlängerten Markes beim Hunde nicht nur Analgesie und taktile Anästhesie, sondern auch Aufhebung des Muskelgefühls auf der gekreuzten Körperseite zur Folge. Mit der Zeit jedoch machte sich eine stetige Wiederherstellung der erwähnten Sensibilitätsdefekte bemerkbar, sei es dass die sensiblen Bahnen beim Hunde nur unvollständig kreuzen, oder sei es dass im Hirnstamme ausser der Schleife noch andere sensible Leitungen vorkommen. Erstere Annahme darf insofern als die wahrscheinlichere gelten, als für die Leitung der Schmerzempfindlichkeit partielle Kreuzung im Rückenmarke mit Sicherheit erwiesen ist.

Die Schleifenschicht enthält ausser Elementen der Hauptschleife die Systeme der lateralen Schleife, die medialen accessorischen und die zerstreuten accessorischen Schleifenbündel. Die Bedeutung dieser Faserzüge erhellt schon aus ihren Beziehungen zu der grauen Substanz. Die laterale Schleife ist bereits im früheren als centrale Gehörbahn erkannt und durch das hintere Vierhügelganglion, das Brachium posterius und das Corpus geniculatum mediale zu der Rinde des Temporallappens verfolgt worden. Die accessorischen Faserzüge der Schleife dienen zur Verknüpfung von motorischen Hirnnervenkernen mit der Rinde des Grosshirns. Die Schleife führt auch einen Teil der sensiblen Gehirnnervenbahnen centralwärts, deren Rest in der Formatio reticularis emporsteigt (s. oben).

Von der Pyramidenbahn und ihrer Bedeutung für die Motilität der Gliedmassen ist bereits ausführlich die Rede gewesen (s. Rückenmark S. 104). Proximal von ihrer Kreuzung birgt die Pyramidenbahn ausser motorischen Fasern für die Extremitäten einen Teil der centralen Bahnen einiger motorischer Hirnnerven, wie z. B. des unteren Facialisastes.

Die Leitung von den motorischen Kernen des Rückenmarkes zur Endhirnrinde wird nicht ausschliesslich von der Pyramidenbahn besorgt. Denn bei totaler Durchschneidung einer Pyramide im verlängerten Mark wird keine komplette Paralyse der Versuchstiere beobachtet und auch die vorhandenen Lähmungserscheinungen nehmen nach und nach

an Intensität ab. Ebenso verlieren die Versuchstiere nach kompletter bilateraler Degeneration der Pyramidenbahn infolge von beiderseitiger Zerstörung des motorischen Rindenfeldes nur die Fähigkeit zur Ausführung einzelner, insbesondere erlernter Bewegungen, der Gebrauch der Extremitäten bezw. die Fähigkeit der Lokomotion erscheint aber nur in ganz unwesentlichem Grade beeinträchtigt. Nach meinen Erfahrungen steht die Intensität der Motilitätsparalyse in direktem Verhältnis zu dem zoologischen Range des Versuchstieres. Die Störung erscheint darum beim Hund und bei der Katze beträchtlicher, als bei dem Kaninchen, beim Affen noch intensiver als beim Hunde, am allerauffallendsten aber bei dem Menschen.

Wenn aber, wie die pathologischen Befunde mit Entschiedenheit erkennen lassen, die Pyramidenbahn nicht die einzige Leitung zwischen Rückenmark und Hirnrinde darstellt, so entsteht die Frage: welche sonstigen Teile des Hirnstammes zur Fortleitung motorischer Impulse geeignet erscheinen? Bei der Darstellung der physiologischen Verhältnisse im Rückenmark war eruiert worden, dass hier gewisse Faserzüge des Grundbündels motorische Bedeutung besitzen. Im Hirnstamme werden wir daher als motorische Leitungen jene Längsfaserzüge der Formatio reticularis zu deuten haben, welche sich distalwärts unmittelbar an die Grundbündelsysteme des Markes anschliessen. Da aber in den Grundbündeln, wie oben gezeigt wurde, eine centrifugale Kleinhirnbahn hindurchgeht, so könnte man fragen, ob jene Bewegungserscheinungen, welche bei unmittelbarer Irritation der in Rede stehenden Bündel im Rückenmarke neugeborener Tiere zur Beobachtung gelangen, nicht etwa auf Mitreizung von Fasern aus den Kleinhirnschenkeln beruhen. Letztere Annahme hat sich mir bei experimenteller Reizung der Formatio reticularis an neugeborenen Hunden nicht bestätigt. Markhaltig erscheinen hier nur die unmittelbar aus den Grundbündeln des Markes sich fortsetzenden Systeme, wogegen alle übrigen Teile der Formatio reticularis und die Pyramidenbahnen noch durchweg marklos und völlig unerregbar sind. Die elektrische Reizung kann darum in dem vorliegenden Falle streng auf die markhaltigen bezw. auf die den Grundbündeln entstammenden Teile der Formatio reticularis beschränkt werden. Derartige Versuche an neugeborenen Hunden sind von mir in grosser Anzahl und jedesmal mit positivem Erfolge angestellt worden.

Schon ganz schwache Irritation jener Faserzüge in der Brückengegend wurde von tonischen Zuckungen der Gliedmassen beantwortet, welche in dem Augenblick, wo die Elektroden entfernt wurden, präcis aussetzten. Die Convulsionen traten auch bei Reizung der medialsten Haubenfasern in der vorderen Vierhügelgegend auf, ein Umstand, welcher mit Entschiedenheit auf die motorische Bedeutung des hier durch-

tretenden hinteren Längsbündels und des aberrierenden Bündels — beides gleichfalls Fortsetzungen der Rückenmarksgrundbündel — hindeutet. Die letztgenannten zwei Bündel bieten zudem bei pathologischen Läsionen im Bereiche des Hirnstammes in der Regel Erscheinungen absteigender Degeneration dar, was teilweise auch für die übrigen aus den Grundbündeln hervorgehenden Elemente der Formatio reticularis gilt. Auch der in absteigender Richtung degenerierende, in das Vorderstranggrundbündel übergehende Faserzug der *Meynert*schen fontänenartigen Haubenkreuzung muss als eine vom Mittelhirn zum Rückenmark leitende Bahn betrachtet werden.

Man würde jedoch fehlgehen, die den Rückenmarksgrundbündeln entstammenden Teile der Formatio reticularis ausschliesslich als motorische Leitungsbahnen darzustellen. Augenscheinlich kommt daselbst auch eine gewisse Anzahl centripetal leitender Elemente vor, enthalten doch die Grundbündel des Markes nicht allein centrifugale (motorische), sondern auch centripetale Systeme, welche zudem in der Medulla oblongata und in der Brückengegend aus den sensiblen Kernen hierselbst einen weiteren Faserzuwachs erfahren. Ausserdem ist in die Bahn jener Fasern eine ganze Reihe von Reflexcentren (Nucl. funiculi anterioris, Nucl. centralis inferior, Nucl. reticularis tegmenti, Nucl. centralis superior und Nucl. medianus) eingeschaltet. Was von den Fortsetzungen der Rückenmarksgrundbündel in der Formatio reticularis gilt, das hat zweifellos auch Geltung für ihre weiteren centralen Bahnen zum Thalamus, zum Vierhügel und Globus pallidus, deren hohe reflektorische Bedeutung schon im früheren gewürdigt worden ist.

Von den Bahnen des Vorderseitenstranggrundbündels im Hirnstamm verdienen besondere Beachtung das hintere Längsbündel, die zum Vorderstrang hinabsteigenden Elemente der fontänenartigen Kreuzung und das aberrierende Bündel.

Der Fasciculus longitudinalis posterior enthält den pathologischen Degenerationsbefunden zufolge absteigende sowohl wie aufsteigende Leitungssysteme. Die Bedeutung der die Kerne der Augenmuskelnerven mit den grauen Vorderhörnern des Markes verbindenden Bahnen liegt wahrscheinlich in einer Association der Augenbewegungen und der Bewegungen der Gliedmassen. Jene Elemente des hinteren Längsbündels, welche die Kerne der Augenmuskelnerven mit einander verknüpfen, können ebenfalls Associationsbahnen darstellen. Von der Funktion der ventralen Fasern der hinteren Kommissur — der centralen Bahn des hinteren Längsbündels — ist alles wesentliche an einem früheren Orte bereits angeführt worden.

Das Bündel der fontänenartigen Haubenkreuzung, aus dem Mittelhirn (Corp. quadrig. ant.) zur Formatio reticularis und schliesslich zum Vorderstrange des Markes sich hinziehend, leitet

aller Wahrscheinlichkeit nach vorzugsweise optische Reflexe zu den Organen der Motilität. Es würde somit schon auf reflektorischem Wege eine Übereinstimmung zwischen Gliedmassenbewegungen und Lichteindrücken herbeiführen. Da aber der vordere Vierhügel auch von der lateralen Schleife erreicht wird, so darf man annehmen, dass dieses Bündel den Organen der Bewegung gleichzeitig akustische Reize übermittelt.

Das aberrierende Bündel erweist sich in Gemässheit der Degenerationsuntersuchungen im wesentlichen aus absteigenden Bahnen zusammengesetzt, die vorwiegend im Thalamus ihren Ursprung haben. Zum Thalamus aber gelangen andererseits Faserzüge der Hauptschleife und so entsteht eine Reflexbahn, deren centripetaler Schenkel durch die Schleife, deren centrifugaler durch das aberrierende Bündel dargestellt wird. In dem Sehhügel endigen noch andere centripetale Leitungen, so aus dem Opticus- und Olfactoriusgebiet, ohne dass die weiteren reflektorischen Anschlüsse derselben näher bekannt wären.

Reflektorische Funktionen haben auch die Faserzüge zwischen hinterem Vierhügel und Nucleus reticularis tegmenti und diejenigen zwischen letzterem und dem Brückengrau; ferner die Verbindungsfasern von der Oberolive zum Abducenskern, sowie ein Teil der Bahnen aus dem *Deiters*schen und dem Trigeminuskern zur Formatio reticularis und eine Anzahl der absteigenden Acusticusbündel.

Die von mir als centrale Haubenbahn beschriebenen mächtigen Längsfaserzüge der Formatio reticularis sehe ich mich veranlasst, zu der Funktion des Körpergleichgewichts in Beziehung zu setzen, und zwar sowohl mit Rücksicht auf ihre sicher erwiesenen Verbindungen mit den unteren Oliven, als auch im Hinblicke auf die absteigende Richtung der Degenerationen bei Erkrankungen der Haubenbahn.

Die Bahnen der Endhirnrinde zu den Brückenganglien bilden offenbar ein einheitliches System mit den Elementen des vorderen Kleinhirnschenkels. Dasselbe führt dem kleinen Gehirn centrifugale Reize aus der Rinde des Vorderhirns zu.

Bezüglich der Rindenbahnen zur Substantia nigra und der sonstigen Verbindungen dieser letzteren sind unsere physiologischen Vorstellungen noch ausserordentlich unsicher. Erwähnung verdient, dass die Ursprungsstätten der Substantia nigra-Faserung in der Rinde der Lage des Schluckcentrums entsprechen, woraus mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Beziehungen der Substantia nigra zu dieser Funktion geschlossen werden darf.*) Immerhin aber bleibt die Frage nach der

---

*) Die unter meiner Leitung ausgeführten Untersuchungen von *Jürmann* haben dargethan, dass Reizung der Substantia nigra durch eine in der Schädelbasis erzeugte Trepanationsöffnung beim Hunde konstant Schluckbewegungen auslöst. Stärkere Irritation führt gleichzeitig zu Zusammenziehung der Rumpfmuskeln.

wahren Bedeutung der *Sömmerring*schen Formation noch weit offen und kann meines Erachtens nur durch weitere experimentelle und klinische Studien ihrer Lösung näher gebracht werden.

Äusserst mangelhaft sind unsere Kenntnisse von der physiologischen Natur der Bahnen des lateralen Feldes der Formatio reticularis und der dorsalen Fasern der hinteren Gehirnkommissur. Jene stellen, abgesehen von den centralen sensorischen Gehirnnervenbahnen, höchstwahrscheinlich umfangreiche Reflexsysteme, diese eine teils von der hinteren Thalamusregion, teils von der Endhirnrinde herkommende Leitungsbahn dar. Die in das tiefe Vierhügelmark übergehenden Rindenfasern der hinteren Kommissur besitzen möglicherweise Beziehungen zu der Bewegung der Augäpfel. Die hinteren Kommissurenfasern aus dem Thalamus dienen wahrscheinlich als Reflexbahnen.

Von den Verbindungsbahnen zwischen den einzelnen Kernen des Hirnstammes bedarf es nur des Hinweises, dass ihre Bedeutung teils in einer associativen, teils in einer reflektorischen Fortleitung nervöser Erregungen gesucht werden muss.

---

# Litteratur

## über Gehirnstamm.

---

*Auerbach*, Morpholog. Jahrbücher 1888, S. 373. — *Baginski*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Nervus acusticus des Kaninchens. Sitzb. d. Kgl. Preuss. Akademie d. Wissensch. 25. Febr. 1886. — *Derselbe*, Virchows Archiv 1890, Bd. CXIX. — *Derselbe*, Neurol. Centralbl. 1889, Bd. VIII. — *Barbacci*, Die sekundären Systeme absteigender Degenerationen des Rückenmarkes. Centralbl. f. allg. Pathol. und pathol. Anat., Mai 1891. — *Derselbe*, Centralbl. f. allg. Patholog. 1891. — *Bechterew*, Experimentelle Studien über die Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma nervorum opticorum. Neurolog. Centralbl. 1883, Nr. 3. — *Derselbe*, Über die Zusammensetzung des mittleren Kleinhirnschenkels aus zwei Bündeln. Wratsch 1885, Nr. 9 (russisch). — *Derselbe*, Zur Anatomie der Schenkel des Kleinhirns, insbesondere der Brückenarme. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 6. — *Derselbe*, Über zwei Faserstränge im medialen Abschnitte des hinteren Kleinhirnschenkels und über die Entwickelung des Gehörnerven. Wratsch 1885, Nr. 25 (russisch). — *Derselbe*, Über die innere Abteilung des Strickkörpers und den achten Hirnnerven. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 7. — *Derselbe*, Über eine bisher unbekannte Verbindung der grossen Oliven mit dem Grosshirn. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 9. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der oberen Olive und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung. Wratsch 1885, Nr. 32 (russisch). Ref.: Neurolog. Centralbl. 1885. — *Derselbe*, Zur Frage der sekundären Degenerationen im Hirnschenkelfusse. Wjestnik

klin. i szudebnoi psichiatrii 1885, Heft 1 (russisch). — *Derselbe*, Ein neuer Fall von Faserdegeneration im lateralen Abschnitte des Hirnschenkelfusses (des sog. *Türk*schen Bündels). Russkaja Medizina 1885, Nr. 33 (russisch). — *Derselbe*, Über die Verbindungen der peripheren Organe des Gleichgewichtes mit dem Kleinhirn. Versuche mit Durchschneidung der Kleinhirnschenkel. Pflügers Archiv, Bd. XXXIV. — *Derselbe*, Die Funktionen der Thalami optici. Wjestnik klin. i szud. psichiatrii 1885, Heft 1 (russisch). — *Derselbe*, Über die Schleifenschicht bei foetalen menschlichen Gehirnen. Berichte der math.-phys. Klasse der Königl. Sächsischen Gesellsch. der Wissensch. 1885. — *Derselbe*, Über die Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels. Verhandl. der psychiatr. Gesellsch. in Petersburg 1885 (russisch). — *Derselbe*, Über die Längsfaserzüge der Formatio reticularis auf Grundlage ihrer Entwickelung und über die Verbindungen des Nucleus reticularis tegmenti. Wratsch 1886, Nr. 6 (russisch). — *Derselbe*, Über die Längsfaserzüge der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 15. — *Derselbe*, Über die Bestandteile des Corpus restiforme. Arch. f. Anat. u. Physiolog., Anat. Abt., 1886. — *Derselbe*, Über die centrale Endigung des Nervus trigeminus. Wjestnik klin. i szud. psichiatrii 1887 (russisch). — *Derselbe*, Zur Frage über den Ursprung des Hörnerven und über die physiologische Bedeutung des Nervus vestibularis. Neurolog. Centralbl. 1887. — *Derselbe*, Über die centrale Endigung des Nervus vagus und über die Zusammensetzung des Fasciculus solitarius des verlängerten Markes. Wjestnik klin. i szud. psichiatrii 1887 (russisch). — *Derselbe*, Über die Funktionen der Bogengänge des häutigen Labyrinthes. Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiol. Bd. XXX. — *Derselbe*, Zur Physiologie des Körpergleichgewichtes. Über die Funktionen der centralen grauen Substanz des dritten Hirnventrikels. Pflügers Archiv 1883. — *Derselbe*, Die Übertragung des Lichtreizes von der Netzhaut des Auges auf den Nervus oculomotorius. Archiv psichiatrii, neurologii i szud. psicho-patol. 1889 (russisch). — *Derselbe*, Über die Striae medullares s. acusticae des verlängerten Markes. Neurolog. Centralbl. 1892. — *Derselbe*, Über den Olivenstrang des Halsmarkes. Neurolog. Centralbl. 1894, Nr. 12. — *Derselbe*, Über die pupillenverengernden Fasern. Neurolog. Centralbl. 1894. — *Derselbe*, Über die Schleifenschicht etc. Arch. f. Anatomie und Physiol. Anat. Abt. 1895, S. 379. — *Derselbe*, Über centrifugale aus der Seh- und Vierhügelgegend ausgehende Rückenmarksbahnen. Neurolog. Centralbl. 1897, Nr. 23. Obost. psich. 1897 (russisch). — *Derselbe*, Über einen besonderen Kern der Formatio reticularis etc. Newrol. wjestnik 1898 (russisch). — *Bellonci*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XLVII; ibidem, Bd. LXXIV, Heft 1, S. 25. — *Bernheimer*, Über die Sehnervenwurzeln des Menschen. Ursprung, Entwickelung und Verlauf ihrer Markfasern. Wiesbaden 1891. — *Bianchi* und *d'Abundo*, Die ins Gehirn und Rückenmark herabsteigenden experimentellen Degenerationen etc. Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 17. — *Dieselben*, La psychiatria 1886. — *Binswanger* und *Moeli*, Zur Frage der sekundären Degeneration. Neurolog. Centralbl. 1883, Nr. 1. — *Bischoff*, Compressionsmyelitis des oberen Brustmarkes. Wiener klin. Wochenschr. 1896, Nr. 37, S. 828. — *Blumenau*, Neurolog. Centralbl. 1890, Nr. 19. — *Derselbe*, Einige Bemerkungen über den äusseren Kern des Keilstranges. Neurolog. Centralbl. 1891, Nr. 8. — *Derselbe*, Über den äusseren Kern des Keilstranges im verlängerten Marke. Ibidem. — *Derselbe*, Wjestnik klin. i szud. psichiatrii 1891, Bd. VIII (russisch). — *Boettiger*, Inaug.-Dissert. 1889. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1889, Bd. XXII. — *Bogatschoff*, Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1894 (russisch). — *Bogroff*, Jushno-russkaja mediz. Gazeta 1892, Nr. 3 (russisch). — *Brasset*, Contribution à l'étude des connexions du cervelet. Paris 1891. — *Brissaud*, Sur la contracture permanente des hémiplégiques. Thèse de Paris 1860. — *Brown-Séquard*, Vorlesungen über Physiologie und Pathologie des Centralnervensystems, gehalten im Royal College of surgeons of England. — *Bruce*, Illustrations of the Méd.

and Hind brain. Edinburgh and London 1892. — *Bumm*, Neurolog. Centralbl. 1888. — *Burdach*, Vom Bau und Leben des Gehirns. Leipzig 1822. — *Charcot*, Léçons sur les maladies du système nerveux. 1874. — *Charcot* et *Turner*, Atrophie cérébrale avec atrophie et dégénération etc. Soc. de Biol. 1852. — *Charpy*, Traité d'Anatomie humaine. Système nerveux. 1894. — *Cionini*, Sulla struttura della glandula pineale. Riv. sper. di Freniatria. 1887. Bd. XII. — *Cramer*, Einseitige Kleinhirnatrophie mit leichter Atrophie der gekreuzten Grosshirnhemisphäre etc. Beiträge zur path. Anat. u. zur allg. Pathol. 1891, Bd. XI. — *Darkschewitsch*, Zur Anatomie der Corpora quadrigemina. Neurolog. Centralbl. 1885, S. 251. — *Derselbe*, Über die hintere Kommissur des Gehirns. Ibidem 1885. Nr. 5. — *Derselbe*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1885, Heft 5 u. 6; Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 4. — *Derselbe*, Einige Bemerkungen über den Faserverlauf in der hinteren Kommissur des Gehirns. Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 5. — *Derselbe*, Zur Anatomie der Glandula pinealis. Ibidem 1886, Nr. 2. — *Derselbe*, Über die sog. primären Opticuscentren und ihre Beziehungen zur Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1886. — *Derselbe*, Ibidem 1889. — *Derselbe*, Über die Kreuzung von Sehnervenfasern. Arch. f. Ophthalmol. 1891, Bd. XXXVII. — *Derselbe* und *Freud*, Über die Beziehungen des Strickkörpers zum Hinterstrangkern nebst Bemerkungen über zwei Felder der Oblongata. Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 6. — *Derselbe* und *Pribytkoff*, ibidem 1891, Nr. 14. — *Daxenberger*, Über einen Fall von chronischer Kompression des Halsmarkes mit besonderer Berücksichtigung der sekundären absteigenden Degeneration. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1893. Bd. IV. — *Dees*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Nervus accessorius Willisii. Allg. Zeitschr. f. Psych. 1887, Bd. XLIII, Heft 4. — *Derselbe*, Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1888, Bd. XX. — *Deiters*, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Braunschweig 1865. — *Déjérine*, Sur l'origine corticale et le trajet des fibres de l'étage inférieure etc. Extrait des mémoires de la Société de Biologie, Séance du 30 Dec. 1893. — *Derselbe*, Anatomie des centres nerveux. Paris 1895. — *Déjérine* et *Thomas*, Sur les fibres pyramidales homolaterales etc. Arch. de phys. norm. et pathol. Série V, T. VIII No. 2. Avril 1896. S. 277. — *Delbrück*, Neurolog. Centralbl. 1890, S. 206. — *Dobrotworski*, Über sekundäre Degenerationen im Rückenmarke. Obosrenje psichiatrii 1897, No. 9, S. 671 (russisch). — *Edinger*, Zur Kenntnis des Verlaufs der Hinterstrangfasern in der Medulla oblongata und im unteren Kleinhirnschenkel. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 4. — *Derselbe*, ibidem 1885, S. 73. — *Derselbe*, Arch. f. Psych., 1885, Bd. XVI, S. 858. — *Derselbe*, Bericht über die Versammlung südwestdeutscher Neurologen und Irrenärzte in Baden 1886. — *Derselbe*, Deutsche Medic. Wochenschr. 1886. — *Derselbe*, Anat. Anz. 1887, Bd. II, S. 27. — *Derselbe*, ibidem 1889, Bd. IV, Heft 4. — *Derselbe*, Die Faserung aus dem Stammganglion (Corpus striatum). Verh. d. Anatom. Gesellsch. in Strassburg. Anatom. Anz. 1894. — *Derselbe*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896. — *Ferrier* and *Turner*, A record of experim. illustr. of the symptomatolog. and degenerations following lesions of the cerebellum etc. Philosophical transactions, Vol. CLXXXV. — *Flatau*, Atlas des menschlichen Gehirns. Berlin 1894. — *Flechsig*, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen, auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen dargestellt, Leipzig 1876. — *Derselbe*, Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Leitungsbahnen im Gehirn des Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1881. — *Derselbe*, Plan des menschlichen Gehirns, Leipzig 1883. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der Hinterstränge mit dem Gehirn. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 5. — *Derselbe*, ibidem 1890, Nr. 4. — *Derselbe* und *Hösel*, Die Centralwindungen ein Centralorgan der Hinterstränge. ibidem 1890, Nr. 14. — *Flourens*, Recherches expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, 1842. — *Forel*, Untersuchungen über

die Haubenregion. Arch. f. Psych. 1877, Bd. VII. — *Derselbe* (unter Mitwirkung von *Mayser* und *Ganser*), Über das Verhältnis der experimentellen Atrophie und Degenerationsmethode zur Anatomie und Histologie des Centralnervensystems. Festschrift für *Nägeli* und *Kölliker*. Zürich 1891. — *Freud*, Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 12. — *Derselbe*, Archiv f. Ohrenheilk. 1886. — *Friedländer* und *Krause*, Fortschr. d. Medizin, Dezbr. 1886. — *Fusari*, Casodi mancanza quasi totale d. cervelletto. Atti della R. Acad. delle scienze de Bologna, Aprile 1893. — *Derselbe*, Sur le „tractus spinalis nervi trigemini“ et sur quelques faisceaux de fibres descendantes dans le funiculus antero-lateralis med. spinalis. Arch. ital. de Biol. 1896. Bd. XXVI, Fasc. III, S. 387—392. — *Ganser*, Über die periphere und centrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psych., Bd. XVI, Heft 2. — *Gaupp*, Anatomie des Frosches. Lehre vom Nervensystem. — *van Gehuchten*, La structure des centres nerveux. 1891. — *Derselbe*, Le système nerveux de l'homme 1893, 2me édit. Louvain 1897. — *Derselbe*, Contribution à l'étude du faisceau de Meynert. Bull. de l'Acad. de Médecine de Belgique, 1894. — *Grabower*, Über die Kerne und Wurzeln des Nervus vagus und deren gegenseitige Beziehungen. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. 1894, Bd. II, Neurolog. Centralbl. 1895, Nr. 3. — *v. Gudden*, Gesammelte und hinterlassene Abhandlungen. Wiesbaden. — *Derselbe*, Allg. Zeitschr. f. Psych. — *Derselbe*, Augenbewegungsnerven. Gesammelte Abhandlungen. Edingers Bericht pro 1888. — *Derselbe*, Beitrag zur Kenntnis der Wurzeln der Trigeminusnerven. Allg. Zeitschr. f. Psych. 1891, Bd. XLVIII. — *Derselbe*, Experimentaluntersuchungen am peripherischen und centralen Nervensystem. Arch. f. Psych. 1870, Bd. II. — *Derselbe*, Über die Kreuzung der Fasern im Chiasma nervorum opticorum. Arch. f. Ophthalm. 1874 Bd. XX, 1875 Bd. XXI, 1879 Bd. XXV. — *Derselbe*, Über einen bisher nicht beschriebenen Nervenfaserstrang im Gehirn der Säugetiere und des Menschen. Arch. f. Psych. 1870, Bd. XI. — *Derselbe*, Untersuchungen über die Haubenregion, ibidem, 1877, Bd. VII. — *Derselbe*, Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu Magdeburg 1874. — *Hammerberg*, Atrophie und Sklerose des Kleinhirns. Nord. med. Arch. 1890, Bd. XXII (enthält eine genaue Zusammenstellung der Litteratur über angeborene Kleinhirnatrophien). — *Heard*, Über abnorme Nervenbündel in der Medulla oblongata des Menschen. Arbeiten aus dem Inst. f. Anat. u. Histol. des Nervensystems. Wien 1894. — *Hebold*, Der Faserverlauf im Sehnerven. Neurolog. Centralbl. 1891. — *Held*, Der Ursprung des Markes der Vierhügelgegend. Neurolog. Centralbl. 1890, Nr. 16. — *Derselbe*, Die Endigungsweise der sensiblen Nerven im Gehirn. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1892, Heft 1 u. 2. — *Derselbe*, Die centrale Gehörleitung. Arch. f. Anat. u. Entw.-Gesch. 1893, S. 201 ff. — *Derselbe*, Beiträge zur feineren Anatomie des Kleinhirns und des Hirnstammes. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1892 u. 1893. — *Helweg*, Studien über das centrale Nervensystem. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1869—1870. — *Derselbe*. Arch. f. Psych., Bd. XIX, Heft 1. — *Henle*, Handbuch der Nervenlehre des Menschen. Braunschweig 1879. — *Henschen*, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. I.—III. Teil. Upsala. — *Derselbe*, Neurolog. Centralbl. 1898. Nr. 5. — *His jun.*, Arch. f. Anat. u. Physiol., Suppl.-Bd., 1879. — *Hitzig*, Über einen Fall von halbseitigem Defekt des Kleinhirns. Arch. f. Psych. Bd. XV. — *Hoche*, Beiträge zur Anatomie der Pyramidenbahn und der oberen Schleife etc. Arch. f. Psychiatrie, Bd. XXX. — *Hösel*, Die Centralwindungen ein Centralorgan der Hinterstränge und des Trigeminus. Arch. f. Psych., Bd. XXIV, Heft 2. — *Holm*, Die Anatomie und Pathologie des dorsalen Vaguskerns. Neurol. Centralbl. 1892, Nr. 3. — *Howard H. Tooth*, On the destination of the antero-lateral ascending Tract. Brain Vol. XV. 1892. Pt. 59 and 60. Autumn-Winter p. 394-403. — *Jacobsohn*, Über die Lage der Pyramiden-

seitenstrangfasern in der Medulla oblongata. Neurolog. Centralbl. 1895, S. 348. — *Jakowenko*, Wjestnik psichiatrii 1889, Heft 2, S. 73 (russisch). — *Jelgersma*, Nederl. tijdschr. voor Geneesk, 1887. Ref.: Schmidts Jahrb., Bd. CCXIX. — *Kam*, Zur Kenntnis der sekundären Veränderungen im Hirnstamme. Arch. f. Psych., Bd. XXVII, Heft 3. — *Kirilzeff*, Zur Lehre von dem Ursprunge und dem centralen Verlaufe des Gehörnerven. Mediz. Obosrenye 1892 (russisch). — *Koch*, Untersuchungen über den Ursprung und die Verbindungen des Nervus hypoglossus in der Medulla oblongata. Arch. f. mikrosk. Anat. 1887, Bd. XXXI. — *v. Kölliker*, Sitzb. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg 1889. — *Derselbe*, ibidem 1890 u. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. LI. — *Derselbe*, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1893. — *Derselbe*, Zur feineren Anatomie des Zwischenhirns und der Regio hypothalamica. Bericht der IX. Vers. d. Anatom. Gesellsch. 1895. — *Derselbe*, Anat. Anz., Bd. VI, Nr. 14 u. 15. — *Koppen*, Neurolog. Centralbl. 1889, Bd. VIII. — *Krauss*, ibidem 1885, Bd. IV. — *Kreuser*, Allg. Zeitschr. f. Psych., Bd. XLI, Heft 1; ibid. Bd. XLVIII. — *Landmeyer*, Secundäre Degeneration nach Exstirpation motor. Centra. Zeitschr. f. Biologie 1893, Bd. XXVIII, S. 177. — *Langley* and *Grünbaum*, Journ. of physiol. 1891, S. 606—628. — *v. Lenhossék*, Beobachtungen am Gehirn des Menschen. Anat. Anz. 1887, Bd. II, Heft 14. — *Derselbe*, ibidem 1889. — *Derselbe*, Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XXXIII u. XXXIV. — *Derselbe*, Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane. Wiesbaden 1894. — *Derselbe*, Der feinere Bau des Nervensystems etc. 2. Aufl. 1895. — *Leonowa*, Über das Verhalten der Neuroblasten des Occipitallappens bei Anophthalmie und Bulbusatrophie und seine Beziehungen zum Sehakt. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893, S. 308. — *Löwenthal*, Dégénérations secondaires ascendantes dans la bulbe rachidienne, dans le pont et dans l'étage supérieure de l'isthme. Revue médic. de la Suisse Rom. 1885, Nr. 10. — *Derselbe*, Neuer experimentell-anatomischer Beitrag zur Kenntnis einiger Bahnen im Gehirn und Rückenmark. Intern. Monatsschr. 1893, Heft 5, 6 und 7. — *Derselbe*, Des dégénérations secondaires de la moelle épinière etc. Ref.: Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 2. — *Derselbe*, La region pyramidale de la capsule interne chez le chien et la constitution du cordon antero-laterale de la moelle. Rev. méd. de la Suisse Romande 1886, No. 9, S. 529—554. — *Longet*, Anatomie et Physiologie du système nerveux 1846, Bd. I. — *Lotheisen*, Über die Stria medullaris thalami optici und ihre Verbindungen. Anatom. Hefte 1894. — *Luys*, Recherches sur le système nerveux cérébrospinale. Paris 1865. — *Derselbe*, Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen. Internat. Medic. Biblioth. 1877, Bd. XXVI. — *Mahaim*, Ein Fall von sekundärer Erkrankung des Thalamus etc. Arch. f. Psych., Bd. XXV, Heft 2. — *Mancopf*, Zeitschr. f. klin. Medic. 1884, Bd. VII, Suppl. — *Marchi*, Sulle degenerazioni consecutive all'estirpazione totale e parziale del cerveletto. Riv. sperim. di Freniatria 1886. — *Derselbe*, ibidem 1888, Bd. XIII. — *Derselbe*, ibidem 1891, Bd. XVII. — *Derselbe*, Sull'origine e decorso dei peduncoli cerebellari etc. Florenz. — *Mellus*, Preliminary note on bilateral degeneration in the spinal cord of monkeys. Proceed. of the R. society 23. May 1894. — *Mendel*, Über den Kernursprung des Augenfacialis. Berl. Medic. Gesellsch. 9. Novbr. 1887, Neurolog. Centralbl. 1887, Bd. VI, Nr. 23. — *Derselbe*, Deutsche medic. Wochenschr. 1889, Nr. 47. — *Meyer*, Arch. f. Psych. 1886, Bd. XVII. — *Meynert*. Neue Untersuchungen über Grosshirnganglien und Gehirnstamm. Wien. akad. Anz. 1879, Nr. 18. — *Derselbe*, Die Medianebene des Hirnstammes, als ein Teil der Leitungsbahn zwischen der Gehirnrinde und den motorischen Nervenwurzeln. Wien. Allg. Ztg. 1865, 1866. — *Derselbe*, Studien über die Bestandteile der Vierhügel. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1867, Bd. XVII. — *Derselbe*, Psychiatrie. Anatomische Einleitung. Wien 1884. — *Mingazzini*, Bull. della R. Acad. med. di Roma 1888—1889. — *Derselbe*, Annali di Freniatria 1890,

II, Fasc. 4. — *Derselbe*, Gaz. med. di Roma XVI, 1890. — *Derselbe*, Arch. par le scienze med. XIV. Ref.: Schmidts Jahrb. 1890, Bd. CCVII. — *Derselbe*, Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1891, Bd. VIII. — *Derselbe*, Recherches complémentaires sur le trajet du pedunculus medius cerebelli. Ibidem 1891, Bd. VIII. — *Derselbe*, Über die gekreuzte cerebro-cerebellare Bahn. Neurolog. Centralbl. 1895, Nr. 15. — *Derselbe*, Du rôle du cordon antero-latéral ascendant. Riv. sper. di Freniatria. Bd. XVIII. Fasc. 3 und 4. — *Misslawski*, Über das Atmungscentrum. Inaug.-Dissert. Kasan 1885. — *Moeli*, Über sekundäre Degeneration. Arch. f. Psych. u. Nervenkrankh. 1883. Bd. XIV, S. 173. — *v. Monakow*, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis des Corpus restiforme, des äusseren Acusticuskerns und deren Beziehungen zum Rückenmarke. Arch. f. Psych., Bd. XIV, Heft 1. — *Derselbe*, Neue experimentelle Beiträge zur Anatomie der Schleife. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 12. — *Derselbe*, Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Beziehungen der sog. Sehsphäre zu den infrakortikalen Opticuscentren und zum N. opticus. Arch. f. Psych., Bd. XIV, Heft 3, Bd. XVI, Heft 1 u. 2. — *Derselbe*, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Pyramiden und Schleifenschicht. Corresp.-Bl. f. Schw. Ärzte 1884, Nr. 6 u. 7. — *Derselbe*, Neurolog. Centralbl. 1885. — *Derselbe*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Acusticus. Corresp.-Bl. f. Schw. Ärzte 1887, XVII, 5. — *Derselbe*, Über sekundäre Degenerationen etc. Sitzb. d. Gesellsch. d. Ärzte zu Zürich, 6. Febr. 1886. Schw. Corresp. 1886. — *Derselbe*, Arch. des sciences physiques et naturelles 1888. XX, 3. — *Derselbe*, Bericht über die 62. Versamml. deutscher Naturf. u. Ärzte zu Heidelberg 1889. — *Derselbe*, Arch. f. Psych. 1889, Bd. XXI. — *Derselbe*, Corresp.-Bl. f. Schw. Ärzte 1890, XX. — *Derselbe*, Experimentelle u. pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Haubenregion. Arch. f. Psych., Bd. XVII, Heft 1. — *Mondini*. Ricerche macro- i microscopiche sui centri nervosi. Torino 1887. — *Muchin*, Zur Lehre vom histologischen Aufbaue des verlängerten Markes. Archiw psich., neurol. i szud. psichopat. 1892 (russisch). — *Müller*, Über einen Fall von Tuberkulose des oberen Lendenmarkes mit besonderer Berücksichtigung der sekundären Degenerationen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1897. Bd. X, Heft 3 und 4, S. 273—291. — *Muratoff*, Sekundäre Degenerationen nach Zerstörung der motorischen Sphäre des Gehirns. Arch. f. Anat. u. Entw. 1893, S. 97 ff. — *Derselbe*, Zur Pathologie d. Gehirndegeneration bei Herderkrankungen der mot. Sphäre der Rinde. Neurol. Centralbl. 1898, Nr. 11. — *Mushajeff*, Über aufsteigende Veränderungen der Cerebrospinalnerven bei Verletzungen ihres peripheren Endes. Newrolog. wjestnik., Bd. II, Heft 1 (russisch). — *Nussbaum*, Über die wechselseitigen Beziehungen zwischen den centralen Ursprungsgebieten der Augenmuskelnerven. Wien. med. Jahrb. 1887. — *Obersteiner*, Arbeiten aus dem Institut für Anatomie u. Physiologie des Centralnervensystems, 1894, Heft 2. — *Onufrowitsch*, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis des Ursprunges des Nervus acusticus des Kaninchens. Arch. f. Psych., Bd. XVI, Heft 3. — *Pawlowski*, Über den Faserverlauf in der hinteren Gehirnkommissur. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1874, Bd. XXIV. — *Perlia*, Arch. f. Ophthalmol. 1889, Bd XXXV. — *Derselbe*, Fortschr. d. Med. 1889, Bd. VII, Heft 2. — *Pitres*, Nouveaux faits relatifs à l'étude dégénérations bilaterales de la moelle épinière. Prog. méd. 1882, Nr. 27, S. 528. — *Popoff*, Über den Faserverlauf des als Conductor sonorus bekannten Bündels. Newrolog. wjestnik., Bd. III, Heft 1 (russisch). — *Pusateri*, Sulla fina anatomia di puente di Varolio nell'uomo. Ric. di patol. nerv. et menstale. Vol. I, Fasc. 1. — *Ramón y Cajal*, Anatom. Anz. 1889, Nr. 3. — *Derselbe*, Gaceta médica catolana 1890. Ref.: Neurolog. Centralbl. 1891, Nr. 22. — *Derselbe*, Sur la fine structure du lobe optique des oiseaux et sur l'origine réelle des nerfs optiques. Internat. Mon.-Schr. f. Anat. u. Physiol. 1891, Bd. VIII. — *Derselbe*, Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme

et chez les vertébrés. Paris 1894. — *Derselbe*, Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems. Arch. f. Anat. u. Entw. 1893, S. 319 ff. — *Derselbe*, Puente de Varolio Ganglios cerebellagos. Annales de la Sociedad de historia natural. 1894. — *Derselbe*, Estructura del ganglio de la habenula de los mammiferes. Annales de la Sociedad Española de Historia natural. 1894, Bd. XXIII. — *Rauber*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Nervenlehre und Sinnesorgane. Leipzig 1894. — *Raymond* et *Nageotte*, Deux cas de tumeur du canal rachidien comprimant la moelle. Journ. de neurol. et de hypnol. de Bruxelles 1896, Nr. 2. — *Redlich*, Über die anatomischen Folgeerscheinungen ausgedehnter Exstirpationen der motorischen Rindencentren bei der Katze. Neurol. Centralbl. 1897, Nr. 18, S. 818. — *Richter*, Zur Frage der optischen Leitungsbahnen des menschlichen Gehirns. Arch. f. Psych., Bd. XII, Heft 3. — *Derselbe*, ibidem 1885, Bd. XVI. — *Roller*, Die Schleife. Arch. f. mikrosk. Anat. 1881. — *Romanoff*. Neurolog. Centralbl. Nr. 13. — *Rossolymo*, Ein Fall von totaler Degeneration eines Hirnschenkelfusses. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 7. — *Russel*, Defectiv development of the centralnervous System of a cat. Brain, Spring 1895. — *Rychlinski*, Ein abnormer Faserzug am Boden des vierten Ventrikels. Newrolog. wjestnik, Bd. II, Heft 1 (russisch). — *Sala*, Sull origine del nervo acustico. Monitoro Zool. Ital. 1891, Nr. 11 (Sep.-Abdr.). — *Schiff*, Lehrbuch der Physiologie, Bd. I, 1858—1859. — *Schlesinger*, Beiträge zur Kenntnis der Schleifendegeneration. Arbeiten aus Obersteiner's Institut, 1896, Heft IV. — *Schnopfhagen*, Beiträge zur Anatomie des Sehhügels und dessen nächster Umgebung. Sitzb. d. Wiener Akademie 1877, Bd. LXXVI, Abt. 2. — *Schräder*, Inaug.-Dissert. 1884. — *Schütz*, Arch. f. Psych. 1891, Bd. XXII, 3. — *Schwalbe*, Lehrbuch der Neurologie. Erlangen 1881. — *Sherrington*, Journ. of Physiol. 1889. — *Derselbe*, ibid. 1893, Vol. XIV. — *Derselbe*, Note on bilateral degeneration in the pyram. tract. etc. The Brit. med. Journ. 4. Jan. 1890, S. 14. — *Derselbe* und *Hadden*, Bilateral degeneration of the spin. cord. etc. Brain 1888. — *Sioli*, Centralbl. f. Nervenheilk. 1888, Bd. XI. — *Spitzka*, The intra-axial course of the auditory tract. 1886. — *Derselbe*, Neurolog. Centralbl. 1885, S. 24. — *Derselbe*, New-York med. journ. Okt. 1888. — *Derselbe*, The comparative Anatomy of the Pyramidal tract. Journ. of compar. med. and surg. 1886. — *Derselbe*, Über einige durch die Atrophiemethode erzielte Resultate, hauptsächlich die Commissura posterior betreffend. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 11. — *Stilling*, *B.*, Über die Medulla oblongata. Erlangen 1843. — *Derselbe*, Über den Bau des Hirnknotens oder der Varolischen Brücke. Jena 1846. — *Strümpell*, Lehrbuch der speziellen Pathologie und Therapie. Leipzig. — *Trapeznikoff*, Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1897 (russisch). — *Wallenberg*. Neurolog. Centralbl. 1898, Nr. 12. — *Tschish*, Untersuchungen zur Anatomie der Grosshirnganglien des Menschen. Sitzb. d. math.-phys. Klasse d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch. 1886. — *Vejas*, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Verbindungsbahnen des Kleinhirns und des Verlaufes der Funiculi graciles und cuneati. Arch. f. Psych., Bd. XVI. — *Viller*, Thèse. Nancy 1888. — *Vincenzi*, Sulla fina anatomia dell'oliva bulbare dell'uomo. Atti della R. Acad. Med. di Roma 1886—1887, Bd. XIII. — *Wagner*, Centralbl. f. Nervenheilk. 1886, Bd. IX. — *Waldeyer*, Abh. d. k. preuss. Akad. der Wissensch. Berlin 1889. — *Tschermak*, Neurolog. Centralbl. 1888, Nr. 5. — *Weidenhammer*, Neurol. Centralbl. 1896 und Sitzungsber. d. neuropathol. u. psychiatr. Gesellsch. in Moskau, 16. December 1894. — *Werdnig*, Wien. med. Jahrb. 1888—1889. — *Wernicke*, Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. Kassel 1881, Bd. I. — *Derselbe*, Ein Fall von Ponserkrankung. Sep.-Abdr. — *Westphal*, Über einen Fall von chron. progressiver Lähmung der Augenmuskeln. Arch. f. Psych. 1888, Bd. XVIII, Heft 3. — *Witkowski*, Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Arch. f. Psych. 1883, Bd. XIV, Heft 2. — *Zacher*, Beiträge zur Kenntnis des Faserverlaufes im Pes pedunculi etc. Arch. f. Psych. 1891, Bd. XXII. — *Ziehen*, Arch. f. Psych., Bd. XVIII. — *Derselbe* und *Kükenthal*, Jen. Denkschr. 1889, III, 1.

# IV. Abschnitt.

## Von den Leitungsbahnen des Kleinhirns.

Die graue Substanz des kleinen Gehirns erscheint teils als oberflächliche Rindenschicht, teils bildet sie im Inneren desselben die sog. centralen Kleinhirnkerne, nämlich den gezahnten Kern (Corpus dentatum, Fig. 334 *d*), den Dachkern von *Stilling* (Nucleus fastigii, Fig. 334 *a*), den Kugelkern (Nucleus globosus, Fig. 334 $g, g^1, g^2$) und den Pfropfkern (Nucleus emboliformis oder Embolus, Fig. 334 *e*).

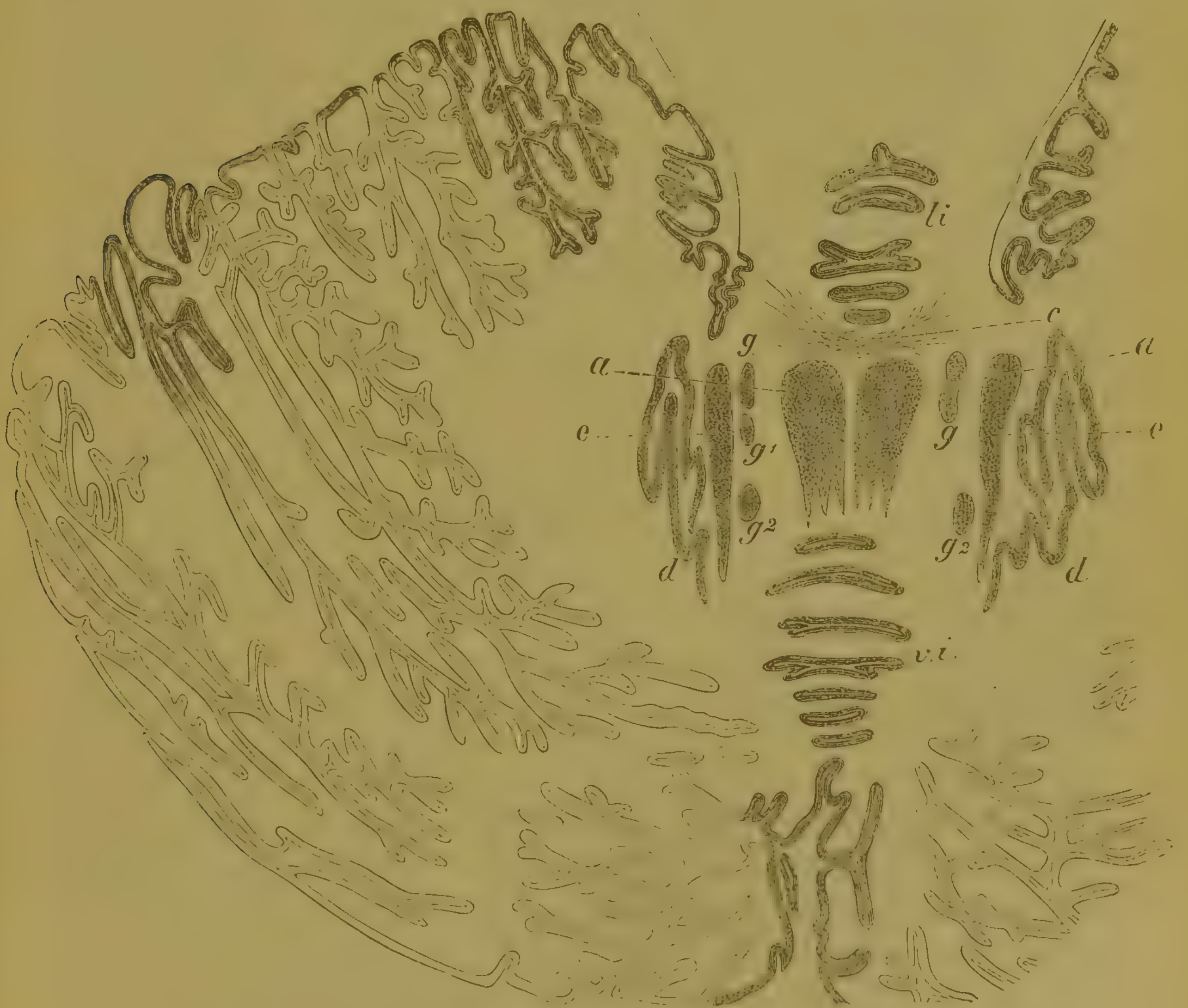



Fig. 334.

Horizontalschnitt durch den Markkern des Wurms und der Hemisphären des Kleinhirns. Nach *Stilling*. Die graue Rinde der Hemisphären nur zum Teil ausgeführt, zum Teil sind ihre Grenzen nur skizziert. *li* quergeschnittene Gyri der Lingula; *vi* quergeschnittene Windungen des Vermis inferior: *a*, *a* Dachkern; $g$, $g^1$, $g^2$ Teile des Kugelkerns; *e* Pfropf (Embolus): *d*, *d* Nucleus dentatus; *c* grosse vordere Kreuzungskommissur des Wurms.

Die übrige Masse des Kleinhirns besteht aus weisser Marksubstanz, aus welcher die bekannten drei grossen Kleinhirnschenkel — der Pedunculus cerebelli anterior, medius und posterior — sich entwickeln.

Einleitend ist die wichtige Frage nach den Beziehungen des Kleinhirns zu der motorischen Sphäre und zu der Erhaltung des Körpergleichgewichts in aller Kürze zu berühren. Auf die Bedeutung dieses Hirnteiles für das psychische Leben dagegen kann hier nicht näher eingegangen werden.

Durch *Flourens* berühmte Untersuchungen ist das Kleinhirn als ein Organ erkannt worden, welches für die Erhaltung unseres Körpergleichgewichtes, für die letzterem entsprechende associierte Muskelthätigkeit von hervorragender Bedeutung ist. Die ihres Kleinhirns beraubten Versuchstiere sind ausser stande, ihr Körpergleichgewicht in der gewohnten Weise aufrecht zu erhalten. Man sieht sie bald fallen, bald nach einer bestimmten Richtung sich drehen und gleichzeitig bestehen fast immer eigentümliche Abweichungen der Augenachsen mit Nystagmus.

In der Folge sind *Flourens* Befunde von vielen Autoren gestützt und besonders von *Ferrier*, der das Kleinhirn als Organ des Körpergleichgewichtes aufführt, weiter ausgebaut worden. Ich selbst muss auf Grundlage meiner zahlreichen Experimente hervorheben, dass die nach partiellen Kleinhirnbeschädigungen an Tieren beobachteten Erscheinungen nicht allein durch einfachen funktionellen Ausfall, sondern zu einem erheblichen Teil durch die an den Eingriff sich anschliessende Disharmonie in der Thätigkeit der zurückbleibenden Kleinhirnteile bedingt ist. Diese Disharmonie, die besonders in der ersten Zeit nach der Verletzung auffällt, lässt später allmählich nach und es bleiben vorwiegend Ausfallssymptome bestehen, wiewohl erstere da, wo eine intensivere Bethätigung des Gleichgewichtsmechanismus erforderlich, wie bei Bewegungsversuchen, Stössen etc., noch lange hervortritt. Neben den unmittelbaren Ausfallserscheinungen werden als Folge der erwähnten funktionellen Dissociation der übrigen Kleinhirnteile Störungen des Muskeltonus und der Kontraktionsenergie der Muskeln bemerkbar. *Luciani*, der in letzter Zeit auf diese Störungen besonders aufmerksam geworden ist, schreibt dem Kleinhirn in Beziehung auf das übrige Nervensystem die Rolle eines Hilfsapparates zu, der nach seiner Ausdrucksweise einen sthenischen, tonischen und statischen Einfluss auf den neuromuskulösen Apparat ausübt. Ich vermag die *Luciani*schen Darstellungen, soweit sie die Bedeutung des kleinen Gehirnes für den Tonus und die Energie der Muskelkontraktionen betreffen, in ihren Grundzügen als zutreffend zu bezeichnen, muss hier aber von einer einlässlichen Kritik derselben noch absehen.

Die Ergebnisse der erwähnten Tierexperimente können in allen wesentlichen Punkten ohne Schwierigkeiten der menschlichen Physiologie

nutzbar gemacht werden, da jene Störungen der Motilität auch bei dem Menschen in Fällen von Kleinhirnaffektionen zur Beobachtung gelangen.

Die nämlichen Alterationen der motorischen Sphäre, die man nach Entfernung von Teilen des Kleinhirns auftreten sieht, können hervorgerufen werden durch Zerstörung oder Durchschneidung der halbkreisförmigen Kanäle des häutigen Ohrlabyrinthes. Diese von *Flourens* zuerst aufgefundene Thatsache, die ich mit der Mehrzahl der späteren Beobachter als zutreffend bestätigen kann, hat zu der wichtigen Erkenntnis geführt, dass das normale Körpergleichgewicht nicht ausschliesslich durch die Integrität des Kleinhirns bedingt wird, dass vielmehr ausser dem Kleinhirn sich besondere hierzu bestimmte Organe im Nervensystem vorfinden. Gleichzeitig war die Annahme inniger funktioneller und anatomischer Beziehungen zwischen dem Kleinhirn und den Labyrinthkanälen nahegelegt. Letztere wurden als „peripheres Gleichgewichtsorgan“ ersterem als dem Centralorgane des Körpergleichgewichtes gegenübergestellt. Hierdurch gelangte das physiologische Verhältnis beider Organe zu einem bestimmten Ausdruck.

Allein ein tieferer Einblick in die Physiologie des Kleinhirns war durch jene Aufstellungen nicht gewonnen. Galt es doch, zu untersuchen, ob nicht noch andere Organe in ähnlicher Weise, wie die Kanäle des Ohrlabyrinthes, bei der Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes eine bestimmende Rolle spielen.

Ich konnte nachweisen, dass Läsionen im Bereiche des III. Ventrikels*) und der unteren Olive die Motilität in ähnlicher Weise alterieren, wie die erwähnten Eingriffe an den Bogengängen und am kleinen Gehirn. Hier wie dort ist Verlust des Körpergleichgewichtes, unter Auftreten verschiedenartiger Zwangsbewegungen und Nystagmuserscheinungen, die unmittelbare Folge. Gleichzeitig ergaben mir meine Versuche, dass auch Läsionen und Durchschneidungen im Verlaufe der Bahnen, welche dem Kleinhirn von den vorhin genannten Stätten zufliessen (Teile der Hirnschenkelhaube und des hinteren Kleinhirnarmes), sowie Durchtrennung des Gehörnerven jenen Symptomenkomplex zur Folge haben.**) Endlich pflegen, wie die klinische Beobachtung lehrt, gewisse Affektionen des Rückenmarkes mit ausserordentlich hochgradigen Störungen der Gleichgewichtsfunktionen einherzugehen. Bei Tieren mit durchschnittenen Hintersträngen habe ich dies bestätigt gefunden. Ja schon Läsionen sensibler Nerven allein

*) Eine genauere anatomische Abgrenzung der Teile oder Kerne, um welche es sich hier im einzelnen handelt, ist durch das physiologische Experiment allein im vorliegenden Falle nicht durchführbar.

**) Auch der mittlere Kleinhirnschenkel, welcher vermutlich einen Teil der centrifugalen Kleinhirnbahnen führt, wäre hier zu nennen.

oder ihrer kutanen Endausbreitung kann zu ähnlichen Erscheinungen führen; Verlust der Haut an den Extremitätensohlen raubt dem Frosche bekanntlich die Herrschaft über sein Körpergleichgewicht. Durchschneidung hinterer Wurzeln bedingt ebenfalls charakteristische Gleichgewichtsstörungen. Nach künstlich erzeugter Anästhesie der Planta pedis beim Menschen sah *Vierordt* ein auffallendes Hin- und Herschwanken des Körpers auftreten. Mit Rücksicht auf diese Thatsachen darf man der Ansicht sein, dass es sich auch in den erwähnten Fällen myelogener Gleichgewichtsstörungen um eine Unterbrechung von Bahnen handeln dürfte, die von der Körperoberfläche her dem Centralorgane Impulse zuführen.

Es stehen somit die vorhin namhaft gemachten Organe, d. h. die Bogengänge des häutigen Ohrlabyrinthes, die grauen Kerne im Gebiete des III. Ventrikels und die Körperoberfläche mit dem Kleinhirn, ihrem Centralorgane, in innigem funktionellem Zusammenhang und dienen sämtlich der nämlichen Aufgabe — der Aufrechterhaltung des normalen Körpergleichgewichtes.

Die physiologische Betrachtung der rein mechanischen Verhältnisse des Körpergleichgewichtes drängt zu der Vorstellung, dass das Kleinhirn von jenen Organsystemen her centripetale Impulse erhält und dass letztere sich hier reflektorisch auf centrifugale bezw. motorische Leitungen fortpflanzen. An dem Vorkommen selbständiger centrifugaler Kleinhirnbahnen aber kann kein Zweifel bestehen. Denn Entfernung aller proximal vom Kleinhirn liegender Hirnteile mit alleiniger Schonung der dem III. Ventrikel benachbarten grauen Massen und ihrer cerebellaren Verbindungen bedingt keine Schädigung des normalen Körpergleichgewichtes; doch schon die geringste Verletzung des Kleinhirns hat sofort auffallende Gleichgewichtsstörungen im Gefolge. Es muss somit das kleine Gehirn, als das Centralorgan des Körpergleichgewichtes, unmittelbare Beziehungen besitzen zu der Thätigkeit des Gehens und Stehens. Die Ergebnisse des Experimentes werden in diesem Punkte gestützt durch das vergleichende Studium der Rindenfaserung des Kleinhirns bei verschiedenen Tieren. Für den Menschen, das Schaf, das Huhn und die Taube ist eine direkte Korrelation zwischen der Entwickelung der Kleinhirnrinde und dem Geh- und Stehakte nachgewiesen. Beim Schafe und Huhn, die sogleich nach der Geburt zu gehen anfangen, erscheint die Faserung der Cerebellumrinde um diese Zeit bereits völlig markhaltig, bei anderen Tieren erfolgt die successive Ummarkung erst nach der Geburt.

Das Wesen der Gleichgewichtsorgane liegt nicht, wie man vielleicht annehmen könnte, in einer ausschliesslich reflektorischen Thätigkeit. Affektionen des kleinen Gehirns und der Bogengänge des häutigen Labyrinthes pflegen bei dem Menschen nicht nur mit Alterationen des

Körpergleichgewichtes, sondern ausnahmslos auch mit auffallenden Störungen des subjektiven Allgemeinbefindens und mit Erscheinungen von Kopfschwindel einherzugehen, also mit Symptomen, die bekanntlich durch transversale Applikation des konstanten Stromes in der Kleinhirngegend auch künstlich erzeugt werden können. Da letztere in den jene Affektionen begleitenden motorischen Störungen keine Erklärung finden, so zeugt das Auftreten von Kopfschwindel unter den in Rede stehenden Verhältnissen m. E. dafür, dass die sog. Organe des Körpergleichgewichtes ausser reflektorischen Aufgaben die Bestimmung haben, bei der Aufnahme von Empfindungen, die uns über die jeweilige Lage und Bewegung unseres Körpers im Raume unterrichten, eine vermittelnde Rolle zu spielen. Jene im Verein mit dem Muskelgefühl unseren Raumvorstellungen*) zu Grunde liegenden Empfindungen müssen zweifellos durch besondere centripetale Kleinhirnbahnen dem Centralorgane des Bewusstseins — der Grosshirnrinde — zugeführt werden. Aber auch die Willenssphäre erweist sich nicht ohne Einfluss auf die Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes. Vielmehr vermag der Wille bis zu einem gewissen Grade in den Reflexapparat der Gleichgewichtserhaltung mit einzugreifen, ja die Bedingungen seiner Thätigkeit nach bestimmten Richtungen hin zu ändern. Dies lehrt schon die alltägliche Beobachtung und nötigt zu der Annahme, dass die Grosshirnhemisphären auch durch centrifugale Bahnen mit dem Centralorgan des Körpergleichgewichtes, dem Kleinhirn, in Verkehr stehen.

Die dargelegten funktionellen Verhältnisse des kleinen Gehirns und der ihm verbundenen Organsysteme erscheinen für den vorliegenden Gegenstand von hoher Wichtigkeit. Nur auf ihrer Grundlage wird ein voller Einblick in den Aufbau und die Bedeutung der cerebellaren Leitungsbahnen zu gewinnen sein. Hier, wo es sich um die Beziehungen zwischen den Organen des Körpergleichgewichtes handelt, kommen der anatomischen Wissenschaft mehr als irgendwo die Mittel der Physiologie zu gute.

Die Betrachtung der Kleinhirnfaserung nimmt zweckmässig ihren Ausgangspunkt von einer Darstellung des Baues der Kleinhirnrinde unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse der *Golgi*schen Versilberungsmethode.

Auf Durchschnitten lässt die Rinde des Cerebellum makroskopisch zwei Schichten unterscheiden, eine äussere graue und eine innere gelbe oder rostfarbene Lage. Jene entspricht der molekulären oder fein-

*) Die Bedeutung der Gleichgewichtsorgane für die Entwickelung der Raumvorstellungen ist von mir eingehend erörtert worden im Arch. f. Anat. u. Phys., phys. Abt. 1896. Heft 4.

körnigen, diese der sog. Körnerschicht. Zwischen beiden entdeckt das Mikroskop die Lage der grossen *Purkinje*schen Nervenzellen an der inneren Grenze der feinkörnigen Schicht.

Das Skelett der grauen oder molekulären Schicht erweist sich bei Anwendung starker Vergrösserungen zusammengesetzt teils aus Dendriten- und Neuritenverästelungen von Nervenzellen ihrer selbst und der darunterliegenden Körnerschicht, teils aus Endbäumchen von Fremdfasern, teils endlich aus einer zellhaltigen Grund- oder Neurogliasubstanz. Von den Nervenzellen dieser Schicht sind die schon genannten *Purkinje*schen Zellen und sternförmige mittelgrosse und kleine Elemente als besonders charakteristisch hervorzuheben.




Fig. 335.
Zwei *Purkinje*sche Zellen im Querschnitte einer Kleinhirnwindung. *cc* Neuriten. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *Golgi*-Methode.

Die grossen *Purkinje*schen Nervenzellen (Fig. 335) finden sich in einfacher Reihe an der Basis des Stratum moleculare. Ihre dicken Gipfelfortsätze erzeugen ein quer zum Längsverlaufe der Windungen bezw. sagittal gerichtetes üppiges Geäste dornbesetzter Reiser. Querschnitte der Kleinhirnwindungen liefern infolge jener Lagerung ungemein schöne Bilder (Fig 335); auf Längsschnitten sind solche Zellen nur selten anzutreffen (Fig. 336). Die baumförmigen Verästelungen der Gipfelfortsätze dringen durch die ganze Dicke der Molekularlage bis zur Oberfläche der Rinde vor. Die Neuriten dagegen ziehen einwärts, umhüllen sich bald mit Mark und gehen nach Durchsetzung der Körnerschicht in eine der Markleisten über. In der Körnerschicht werden von ihnen nicht selten einige Kollateralen abgegeben, welche zur Molekularlage zurückkehrend sich um *Purkinje*sche Zellen mit feinsten Endreiserchen (Fig. 348) ausbreiten (*Ramón y Cajal*). So treten verschiedene *Purkinje*sche Zellen miteinander in Verkehr.

In den äusseren und inneren Bezirken der Molekularschicht, aber auch zwischen und über den *Purkinje*schen Elementen kommen sternförmige Nervenzellen vor.

Die äusseren Sternzellen der feinkörnigen Schicht, augenscheinlich durch ihre Aufgaben von den inneren verschieden, sind durchweg klein, mit reich verästelten Protoplasmafortsätzen und horizontal verlaufendem, das Dendritengeäste der *Purkinje*schen Zellen kreuzendem Neuriten. Letzterer entwickelt gewöhnlich Kollateralen, die sich zuweilen noch weiter verästeln, und zerfällt schliesslich innerhalb der Molekularlage in ein Endbäumchen. Einige Neuriten splittern sich,

wie an *Golgi*schen Zellen, teils in zahlreiche Reiserchen auf, teils gehen sie unter Abgabe von Kollateralen in einen langen Horizontalfaden über (Fig. 337).

In der Tiefe der Molekularschicht finden sich Sternzellen von abgerundeter Form und mittlerer Grösse mit ziemlich langen, wenig verästelten Dendriten und Einem Neuriten. Jene schlagen verschiedene Richtungen ein, durchdringen nicht selten die ganze Molekularschicht und heften sich zuweilen mittelst ihrer Enden an Dendriten *Purkinje*-




Fig. 336.

Aus dem Kleinhirn eines neugeborenen Kätzchens, vom Längsschnitt einer Windung. Zwischen Fortsätzen *Purkinje*scher Zellen verästelt sich eine aus der Tiefe kommende Faser *a*. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *Golgi*-Methode.

scher Zellen (Fig. 338). Dieser erscheint in der Regel horizontal gerichtet und verläuft meist entsprechend der Längsebene der Randwülste in grösserer oder geringerer Ausdehnung über der Lage der grossen *Purkinje*schen Zellen. Hierbei lässt er gewöhnlich einige ramifizierende Kollateralen vertikal oder schräg zu *Purkinje*schen Zellen herabsteigen, wo sie manchmal die Zellkörper mittelst ihrer Endverästelung umfassen oder doch in inniger Weise berühren. Auch der Neurit selbst erzeugt schliesslich ein Endbäumchen, welches ähnlich

den Kollateralen mit *Purkinje*schen Zellkörpern in Berührung tritt (Fig. 338).

Die soeben betrachteten Nervenzellen beanspruchen somit die




Fig. 337.

**Sternförmige Zelle aus der Molekularlage des Kleinhirns.** *Golgi*-Methode. Der Neurit *c* erzeugt teils ein Geäste, teils geht er unter Abgabe von Kollateralen an die feinkörnige Schicht in einen langen Faden über.




Fig. 338.

**Aus der Rinde des Cerebellum.** *Golgi*-Methode. *a*, *a* Teile *Purkinje*scher Dendritenbäume *c*, *c*, *c* Neuriten der kleinen Sternzellen der Molekularschicht.

Bedeutung wahrer Associationszellen, indem sie ganze Gruppen *Purkinje*scher Zellen untereinander in Beziehung setzen. Über der *Purkinje*schen Schicht verläuft gewöhnlich nicht ein, sondern mehrere horizontale Sternzellenneuriten, sei es in gleicher, sei es in verschiedener Richtung (Fig. 338 und 339). Mehrfach übereinander gelagert entsenden sie sämtlich Kollateralen an *Purkinje*sche Zellen, und nicht selten wird eine und dieselbe *Purkinje*sche Zelle von Kollateralen mehrerer, verschiedenen Sternzellen entstammender Neuriten erreicht.

Die Länge der horizontalen Neuriten ist sehr verschieden. Manchmal erscheint der Fortsatz relativ kurz und bestreicht mit seinen

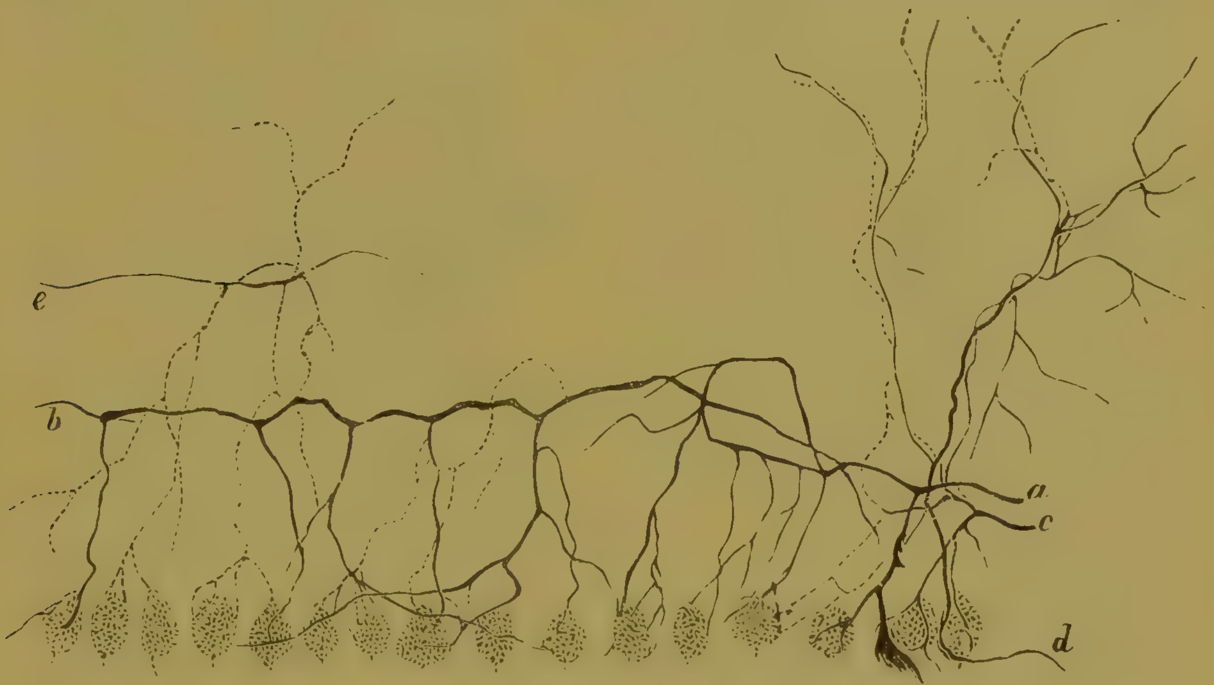



Fig. 339.

Aus dem Cerebellum eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi.* Nach einem Präparate von *F. Teljatnik.* *a, b, c, e* Neuriten sternförmiger Associationszellen, mit Kollateralen zu *Purkinje*schen Zellen. Der Neurit *d* entsendet einerseits Äste zu *Purkinje*schen Zellen, andererseits heftet er sich mittelst Reiserchen an Fasern aus tieferen Schichten.

Kollateralen nicht über zwei *Purkinje*sche Zellen, in anderen Fällen wird er ausserordentlich lang und giebt einer ganzen Reihe *Purkinje*scher Zellen Kollateralen ab. Bisweilen endlich wendet er sich früher oder später hakenförmig nach hinten, um an einem der *Purkinje*schen Zellkörper aufzuhören (Fig. 339 *a*, *c*).

Abgesehen von der Umspinnung *Purkinje*scher Zellen mittelst ihrer Neuritenkollateralen müssen die Sternzellen noch weitere Aufgaben zu erfüllen haben, denn ihre Neuriten geben auch nach anderen Richtungen Kollateralen ab und zerfallen manchmal selbst inmitten der Molekularschicht in freie terminale Reiserchen. Diese letzteren klammern sich, wie ich an einer Reihe von *F. Teljatnik* gefertigter und anderer Präparate zu eruieren vermochte, an andere begegnende

Fasern, ziehen dann in ihrer Gesellschaft weiter, ja verästeln sich, gleichsam eine Wiederholung jener Fasern darstellend, mit ihnen an den nämlichen Endstätten (Fig. 339).

Um die Frage nach dem Wesen jener Fasern habe ich mich wiederholt bemüht und vermochte in einigen Fällen zu eruieren, dass es sich um Endverästelungen von Elementen der tieferen Schichten, am ehesten um solche aus den Markleisten handele. Die Lage der *Purkinje*schen Zellen durchsetzend, folgen sie vielleicht ihrerseits dem Verlaufe *Purkinje*scher Dendriten, indem sie sich ihnen anheften. Es liesse sich demnach die Annäherung von Neuriten an jene in die Kleinhirnrinde eintretenden Faserverästelungen in dem Sinne deuten, dass sie zu Dendriten *Purkinje*scher Zellen in Beziehung treten. Doch erscheinen hier auch andere Verhältnisse nicht ausgeschlossen. Es liegt möglicher-, ja wahrscheinlicherweise eine Vergesellschaftung zweier Neuriten vor, denn die fraglichen Fortsätze besitzen nicht nur den nämlichen Verlauf, sondern verästeln sich auch in der nämlichen Anordnung an den gleichen Endstätten (Fig. 340).




Fig. 340.
Aus der Kleinhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. Silberimprägnation nach *Golgi*. Die Fasern *a*, *l* steigen aus der Körnerschicht zwischen *Purkinje*schen Zellkörpern zur Molekularlage hinauf; *f*, *f* Kletterfasern sternförmiger Zellen der Körnerschicht.

Um den Leib einer *Purkinje*schen Zelle entsteht, indem Kollateralen von Sternzellen-Neuriten ihn mittelst ihrer Endramifikationen umspinnen und indem viele solche Endramifikationen sich um Einen Zellkörper vereinigen, nicht selten ein wahres Fasergeflecht (Fig. 343; Fig. 344 *pl*). An *Golgi*-Präparaten erscheinen daher die *Purkinje*schen Zellen in Faserkörbe eingeschlossen (Fig. 341), eine Besonderheit, welche diese Elemente mit keinen anderen Zellen der Klein- und Endhirnrinde teilen. Doch bestehen die Körbchen nicht nur aus Fortsätzen von Achsencylindern, vielmehr finde ich im Inneren der-

selben kleine ovale oder längliche, anscheinend apolare Zellgebilde von unzweifelhaft nervösem Charakter mit einigen Protoplasmafortsätzen an zwei gegenüberliegenden Enden des Zellkörpers (Fig. 342). Ihre Fortsätze verfilzen sich so innig mit den Endreisern der Korbzellen, dass sie für gewöhnlich nur an besonders gut gelungenen Schnitten zu sehen sind (Fig. 343). Bezüglich der Bedeutung dieser Gebilde bin ich noch zu keiner definitiven Entscheidung gelangt; möglicherweise sind sie bei der Reizübertragung von den Korbzellenfortsätzen auf *Purkinje*sche Zellen beteiligt. — Kleinere Nervenzellen kommen auch sonst in der Molekularschicht vor, ob sie aber mit den soeben geschilderten zu derselben Kategorie gehören, steht noch dahin.




Fig. 341.
Faserkörbe um *Purkinje*sche Zellen der Kleinhirnrinde. *c* Leib einer *Purkinje*schen Zelle; *a*, *a* Fortsätze von Korbzellen, mit ihren Endreisern in die Faserkörbe übergehend.



Fig. 342.
Zelle aus einem *Purkinje*schen Faserkorbe.

An der Bildung der Faserkörbe um die *Purkinje*schen Zellen beteiligen sich die aus den Markleisten stammenden Kletterfasern (Fig. 344) und ferner Dendriten von Sternzellen der Körnerschicht (Fig. 345). Letztere dringen oft weit gegen das Innere der molekularen Lage vor (Fig. 346), woselbst auch Neuriten anderer Elemente der rostfarbenen Schicht, der sogen. Körnerzellen angetroffen werden (Fig. 347).

Die Körnerzellen sind nervöse Elemente von geringer Grösse mit relativ ansehnlichem Zellkern und spärlichem Protoplasma. Sie bilden sozusagen allein die Grundlage der rostfarbenen Schicht (Fig. 347). Charakteristisch für diese Elemente ist der Besitz von 3—4 (selten mehr) radiär von dem Zellkörper abgehenden kurzen Dendriten, deren Enden in noch kürzere Ästchen sich auflösen und einer Vogelkralle nicht unähnlich erscheinen. Die Endkrallen benachbarter Zellen sah ich gewissermassen ineinandergreifen (Fig. 349). Von jeder Körnerzelle steigt ein der Kollateralen entbehrender Neurit zu der feinkörnigen Schicht empor, wo ich ihn in vertikalem Verlaufe bis zu der oberflächlichen Gegend dieser Schicht verfolgt habe. Nach *Ramón y*

*Cajal* teilt er sich hier in zwei horizontale Äste, welche in einer zu den Ramifikationen der *Purkinje*schen Dendriten senkrechten Ebene nach entgegengesetzten Seiten auseinandergehen und nach Ansicht desselben Autors zu einer Association von Körner- und *Purkinje*schen Zellen geeignet sind (Fig. 347; Fig. 348).

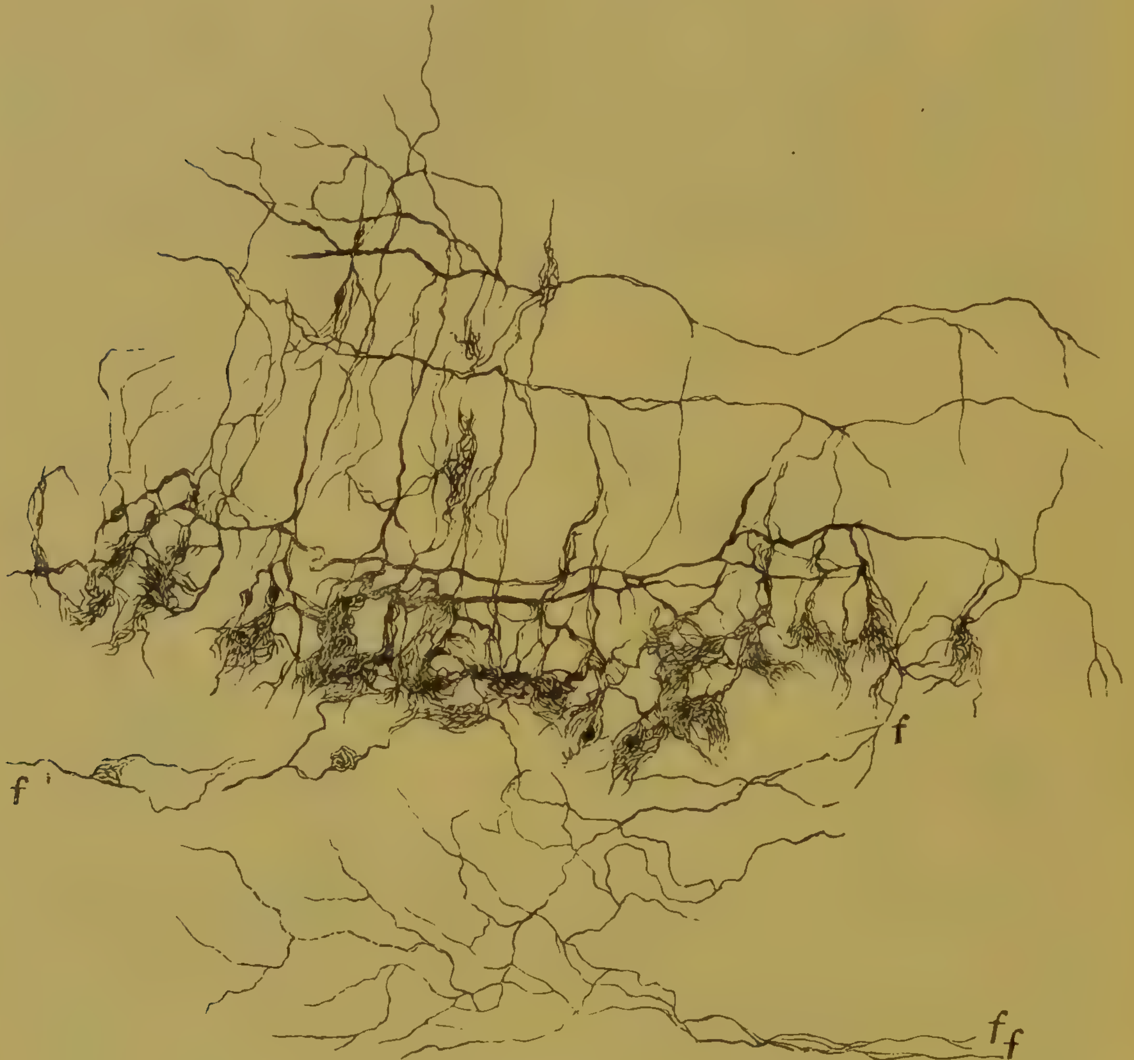



Fig. 343.
Das Geflecht der *Purkinje*schen Zelllage. In demselben sind links einige kleine Zellen zu sehen. *Golgi*sche Behandlung. *f, f, f'* Endigung von Fasern in der Körnerschicht. Von der neugeborenen Katze.

Die erwähnte Verkettung der Körnerzellen durch die Enden ihrer kurzen Dendriten liefert meiner Meinung nach einen augenscheinlichen Beleg dafür, dass Nervenzellen auch vermöge ihrer Protoplasmaverästelungen Beziehungen zu einander gewinnen können, ein Satz, welcher mit der herrschenden Meinung bekanntlich nicht im Einklange steht. Die infolge der Berührung der Dendriten ermöglichte Fortleitung der Erregung bedeutet eine funktionelle Vergesellschaftung zahlreicher Elemente der rostfarbenen Schicht.*)

*) Das Vorkommen einer solchen Zellverkettung ist keine Besonderheit der Körnerschicht des Kleinhirnes, vielmehr wird diese Erscheinung auch in anderen

Ausser den genannten Elementen enthält die Körnerschicht grosse sternförmige Zellen, deren Fundstätte häufig an die molekulare Lage angrenzt. In letztere hinein werden auch ihre üppigen Dendriten abgegeben (Fig. 346 u. 350), wiewohl ein Teil von ihnen sich bereits innerhalb der Zona granulosa aufzweigt. Die grösste Merkwürdigkeit dieser Zellen aber besteht in dem Zerfall ihrer Neuriten in eine ungeheuere

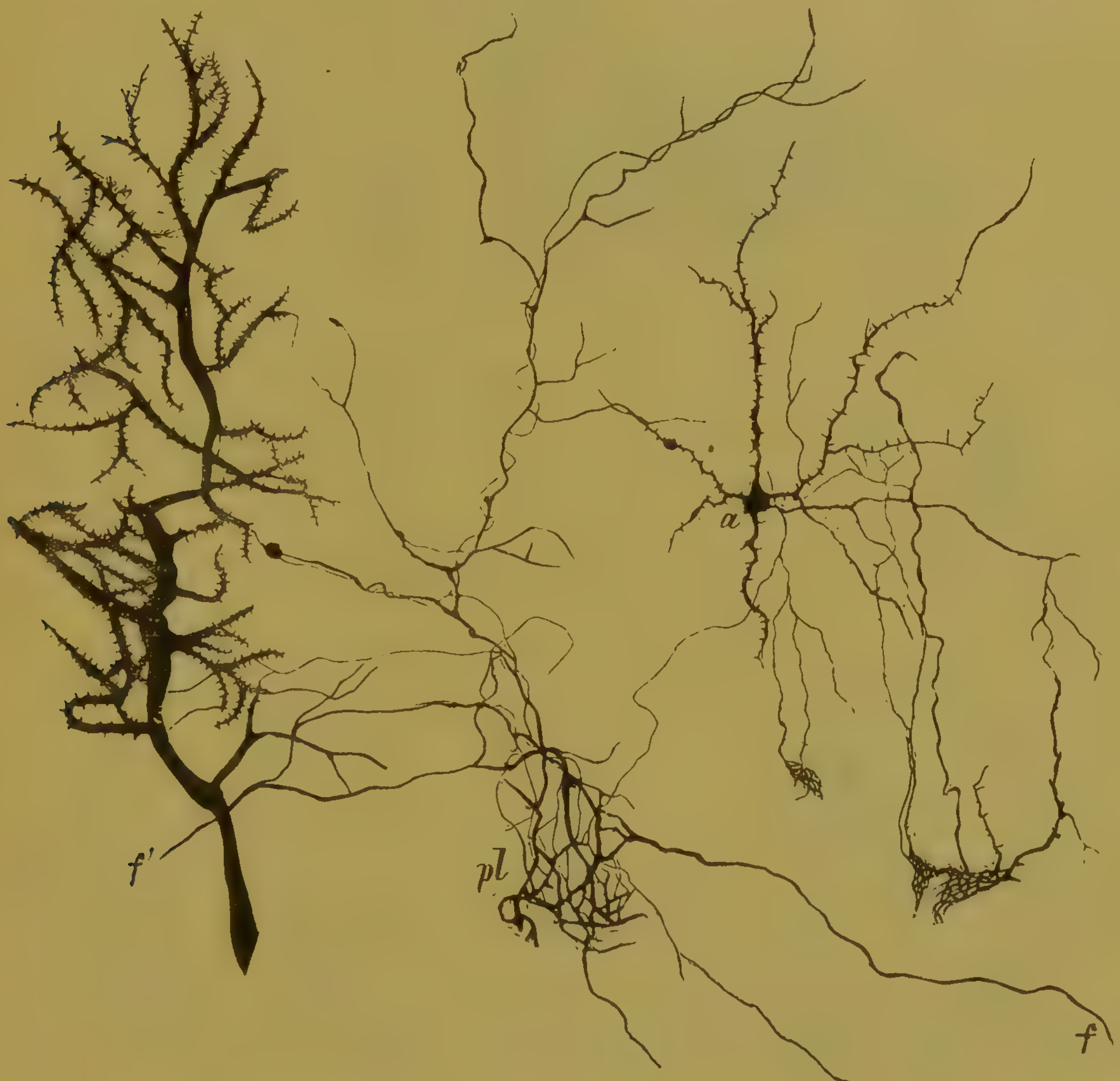



Fig. 344.
Aus einem Durchschnitt der Kleinhirnrinde. *Golgi*-Behandlung. *pl* Geflecht eines *Purkinje*schen Korbgerüstes; *f*, *f* Kletterfasern aus der Tiefe der Rinde, zum Aufbaue des Faserkorbes *pl* beitragend; *a* Korbzelle der Molekularschicht, mit Neuritenzweigen zu dem Faserkorbe *pl*.

Anzahl feiner und feinster Reiserchen. Der verzweigte Neuritenbaum breitet sich zwischen Körnerzellen aus und gelangt hierdurch mit diesen selbst und ihren Dendriten in innigste Berührung. Die Anzahl

Teilen des Nervensystems beobachtet. So geht in der vorderen Rückenmarkskommissur einiger niederer Wirbeltiere eine ähnliche Ineinanderflechtung der Dendriten von Zellen beider Vorderhörner vor sich. Auch hier handelt es sich um eine Association funktionell gleichwertiger Elemente.

der umsponnenen Körnerzellen ist entsprechend dem Reichtume jener den Associationszellen eigentümlichen Neuritenaufsplitterung eine ausserordentlich grosse.

*Azoulay* beschreibt in der Körnerschicht des kindlichen Kleinhirns Sternzellen mit Dendriten, die zur Molekularlage emporsteigend sich hier trauerweidenförmig verästeln.

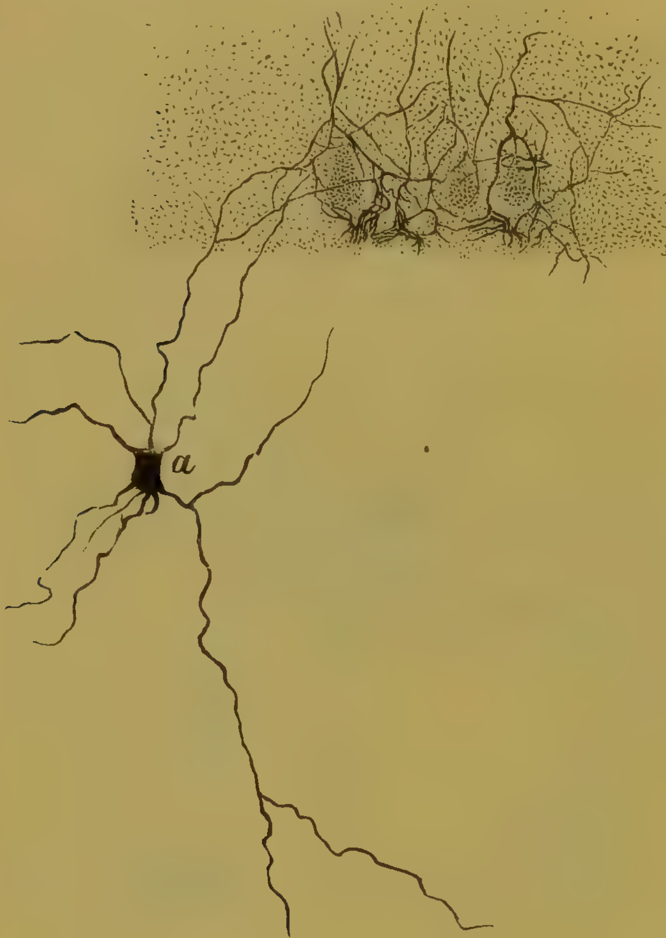



Fig. 345.
Sternzelle der Körnerschicht des Kleinhirns (*a*), Fortsätze an *Purkinje*sche Faserkörbe abgebend. *Golgi*-Methode.

Die Körnerschicht enthält auch Fasern aus dem Marklager. Einige von ihnen finden hier ihre Endigung, andere dringen gegen die Molekularis vor. Jene sind von zweierlei Art: Moosfasern und gewöhnliche Fasern. Die Moosfasern zeigen von Zeit zu Zeit längliche Anschwellungen mit kurzen kollateralen Spitzchen (Fig. 351 *a*). Sie erscheinen im ganzen wenig ramifiziert und auch an den Endstätten werden nur wenige Äste entwickelt. Man muss annehmen, dass sie zu den grossen Sternzellen der Körnerschicht, denen sich in der Regel ihre Endästchen nähern (Fig. 346 und 350*a*), in Beziehung treten.*)

Die gewöhnlichen Fasern aus den Markleisten zeigen keine solche Besonderheiten, wie die Moos-

*) Eine direkte Berührung zwischen Moosfasern und Körnerzellen wird von *Lugaro* nicht bestätigt. Nach Ansicht dieses Forschers sind nicht alle Kleinhirnzellen von terminalen Neuritenpinseln umsponnen. Ein unmittelbarer Kontakt ist nur für die *Purkinje*schen und für gewisse Körnerzellen nachweisbar. Da *Lugaro* in der Kleinhirnrinde wiederholt Achsencylinder ohne Beziehungen zu Nervenzellen antraf, so glaubt er, dass der allgemeingiltige Satz von den Beziehungen der Neuriten zu den Zellelementen einer Einschränkung bedürfe. Ferner führt er den Nachweis, dass auch zwischen Neuriten verschiedener Zellen Beziehungen anzunehmen sind. Letzteres vermag ich auf Grundlage eigener Präparate (s. oben) zu bestätigen.

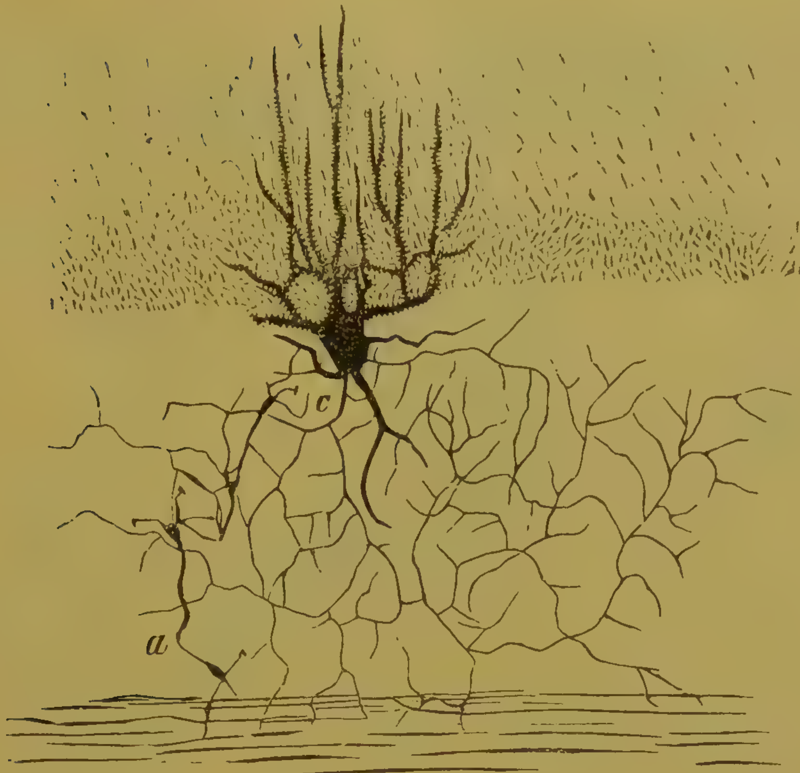



Fig. 346.
Sternzelle aus der rostfarbenen Schicht der Kleinhirnrinde. *Golgi*-Methode. *c* Ramifizierender Neurit dieser Zelle; *a* Moosfaser, in der Körnerschicht aufhörend.

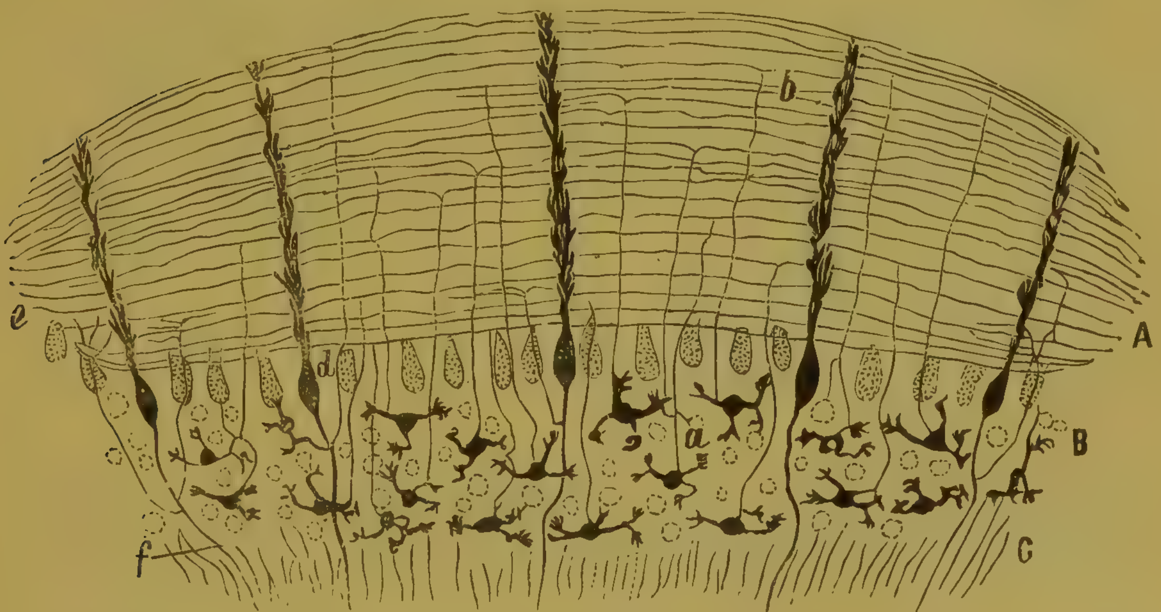



Fig. 347.
Längsschnitt einer Kleinhirnwindung. Halbschematisch. *B* rostfarbene Schicht; *C* Markleiste; *a* aufsteigender Neurit einer Körnerzelle, mit Bifurkation und Übergang in eine Parallelfaser; *d* Profil einer *Purkinje*schen Zelle; *e* knopfartige Enden von Parallelfasern; *f* Neurit einer *Purkinje*schen Zelle. Nach *Ramón y Cajal.*

fasern; sie zerfallen inmitten der rostfarbenen Lage in Endbäumchen zwischen den hier vorhandenen Körnerzellen (Fig. 349 *f*).

Ausserdem treten meinen Befunden zufolge in die Körnerschicht besondere gröbere Fasern ein und endigen hier mit dichten Pinseln

in der Nähe der ineinandergreifenden Endkrallen von Körnerzellen (Fig. 349 *f'*). Zu diesen letzteren scheinen sie in nähere Beziehungen zu kommen, jedenfalls sieht man ihre Enden an *Golgi*-Präparaten sich dem Dendritengeäste jener Zellen annähern.

Einige dem Marklager entstammende Fasern der Körnerschicht endlich dringen zu der Molekularlage vor, sei es, dass ihre Endpinsel




Fig. 348.

Schematischer Durchschnitt einer Windung des Kleinhirns. Nach *Ramón y Cajal*. *A* molekuläre Schicht; *B* Körnerschicht; *C* Mark; *a* *Purkinje*sche Zellen; *b* Korbzellen mit ihren Körben; *d*, *e* kleine Zellen der Molekularschicht; *f* grosse Nervenzellen der Körnerschicht; *g* Körner; *h* Moosfasern; *i* Querschnitte der Parallelfasern; *j* Gliazellen der molekulären Schicht; *m* Gliazelle der Körnerschicht; *n* Kletterfaser; *o* Neurit einer *Purkinje*schen Zelle mit Kollateralen.

an Sternzellen hierselbst herantreten (Fig. 352 *b*, *b*), sei es dass Kollateralen von ihnen die Körper *Purkinje*scher Zellen mit einem dichten Reiserbusche umspinnen, sei es dass sie auf der Oberfläche einer *Purkinje*schen Zelle sich ausbreitend an deren Dendriten emporklettern und diese mitsamt ihren Ramifikationen dicht umflechten oder sich nur zwischen ihnen aufzweigen (Fig: 336 *a*).

Die genannten Fasern gehören wohl alle den aufsteigenden Kleinhirnsystemen an (Kleinhirnseitenstrangbahn u. s. w.). Doch besitzen

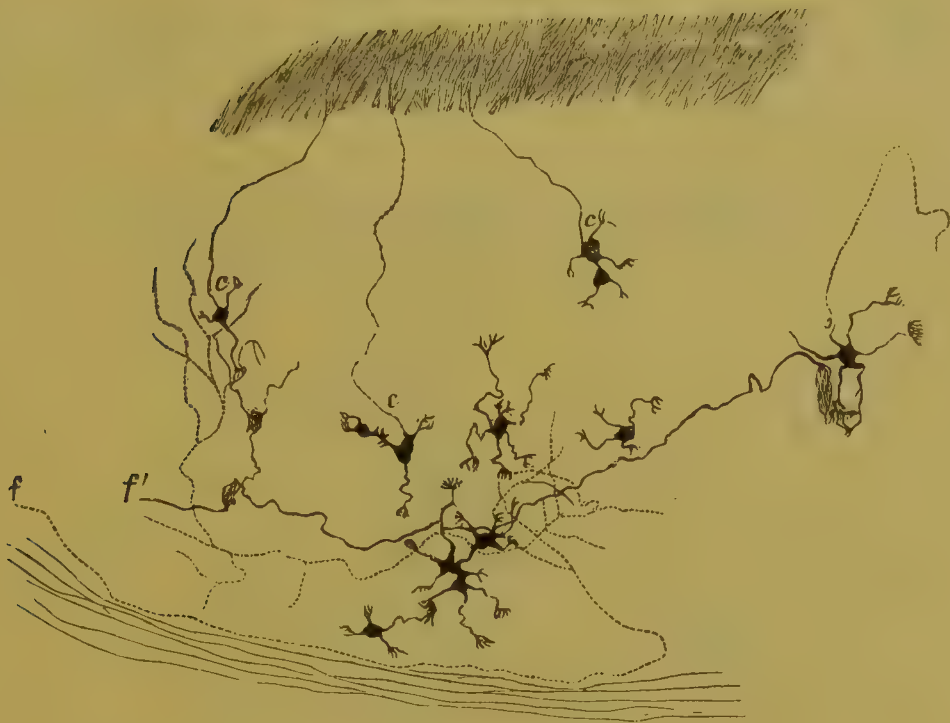



Fig. 349.
**Körnerzellen der rostfarbenen Schicht.** *c*, *c* ihre in die Molekularschicht eintretenden Neuriten; *f* ihre Fasern zur Körnerschicht. Nach einem mit der *Golgi*schen Methode behandelten Präparate von *F. Teljatnik*. Neugeborene Katze.




Fig. 350.
**Sternzelle aus der Körnerschicht der Kleinhirnrinde eines Kätzchens.** *c* Neurit; *a* Moosfasern, aus dem Marklager in die Körnerschicht eintretend.

vielleicht auch die langen Associationsfasern des Kleinhirns ähnliche Endverästelungen. In der rostfarbenen Schicht finden sich schliesslich freie Endigungen von Fasern der Molekularlage; möglicherweise sind es Neuriten von Sternzellen.

Mit Bezug auf das gegenseitige funktionelle Verhältnis zwischen Nervenzellen und Nervenfasern im Kleinhirn können aus dem Angeführten einige nicht belanglose Ableitungen gewonnen werden. Wie im Rückenmarke, so gründet sich auch hier die Fortleitung der Nervenerregung auf Beziehungen der terminalen Neuritenverästelung einer Zelle zu dem Körper und den Dendriten einer anderen. Wie in anderen Gebieten des Nervensystems treten auch hier die Dendriten zusammen mit dem Zellleibe in den Dienst der nervösen

Leitung. Endlich kann jede Kleinhirnzelle mit vielen Elementen Beziehungen unterhalten. So stehen die *Purkinje*schen Zellen in Verkehr mit Sternzellen der Molekularschicht, mit Nervenzellen der rostfar-

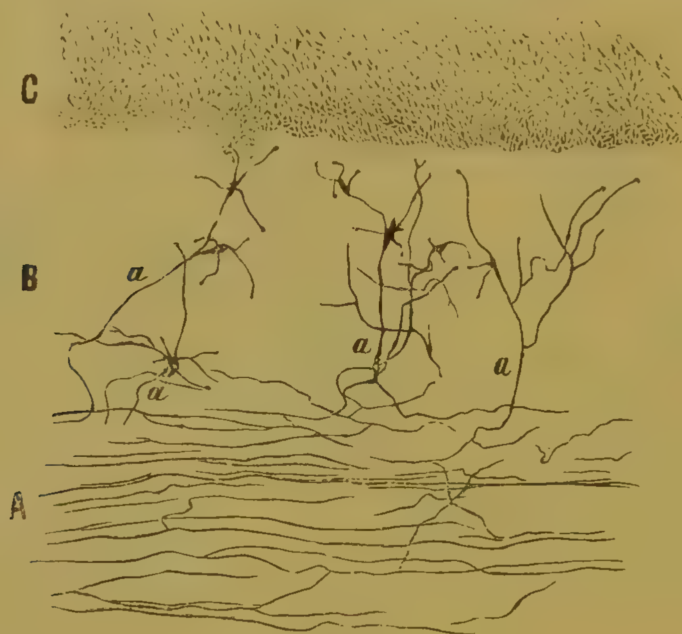



Fig. 351.
Aus dem Kleinhirn eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi*-Behandlung. Nach einem Präparat von *F. Teljatnik*. *A* Markleiste; *B* rostfarbene Schicht; *C* Molekularschicht; *a, a, a, a* Moosfasern.

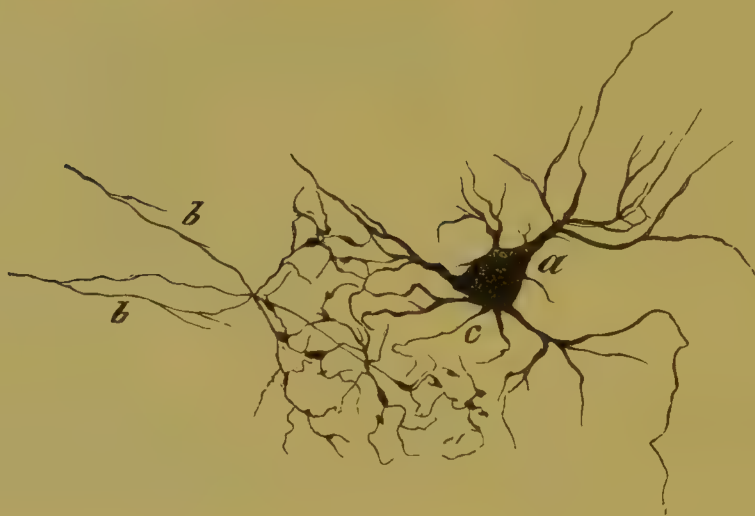



Fig. 352.
Endigung von Moosfasern im Kleinhirn der Katze. *Golgi*-Behandlung. *b, b* Moosfasern, an eine Sternzelle *a* der Körnerschicht herantretend; *c* Neurit der Zelle *a*.

benen Lage und mit Elementen entlegener Regionen des Gehirns und Rückenmarks. Andererseits besitzen die Körnerzellen Beziehungen zu den nachbarlichen Sternzellen, aber auch zu Zellen entfernter Hirnteile vermöge des Kontaktes oder starker Annäherung ihrer Endramifikationen.

Von den centralen Kernen des kleinen Gehirns besitzt das Corpus dentatum polygonale Nervenzellen von wechselnder Grösse mit reich verzweigten Dendriten. Ihre Neuriten verlaufen nach Abgabe von Kollateralen an den Kern selbst in basaler und frontaler Richtung und verlassen das Cerebellum wenigstens zu einem Teile mit dem vorderen Kleinhirnschenkel (*Ramón y*

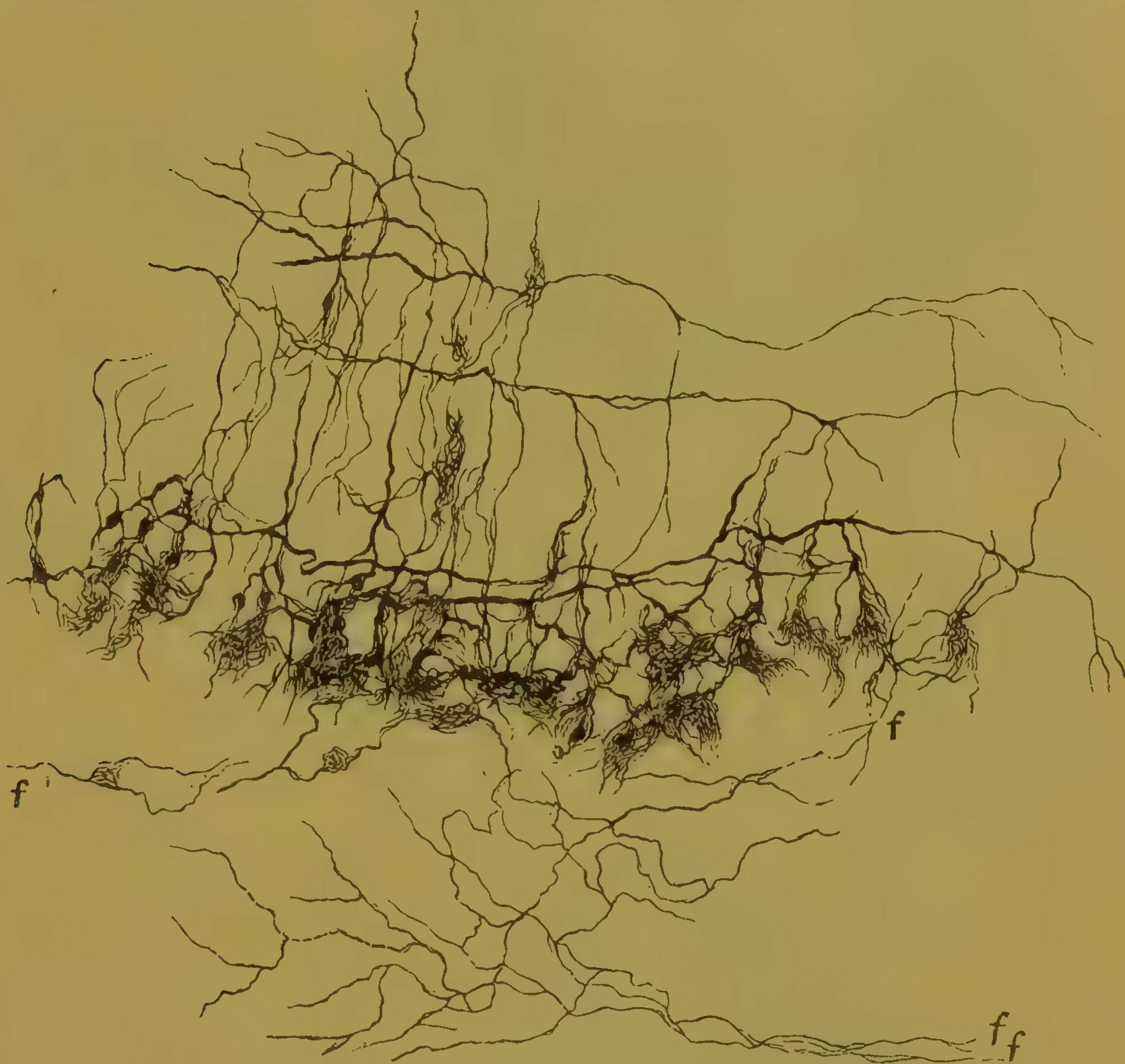



Fig. 353.

Fasergeflecht in der Lage der *Purkinje*schen Zellen. Dasselbe enthält links einige kleine Nervenzellen. *f*, *f*, *f'* Endigung von Fasern in der Körnerschicht. Neugeborene Katze. Behandlung nach der *Golgi*schen Methode.

*Cajal*). Ausserdem fliessen dem Corpus dentatum, sei es von der Mittellinie her, sei es aus dem Marklager, zahlreiche Nervenfasern zu; ihre nodösen Endbäumchen gewinnen hier zu vielen Nervenzellen Beziehungen.

In dem Dachkern kleiner Säugetiere findet man polygonale Zellelemente vor. Die Dendriten derselben schlagen verschiedene Richtungen ein. Die Neuriten wenden sich zum Teil gegen das Mark des Wurmes und lassen sich hier dicht bis zur Mittellinie verfolgen; einige aber, insbesondere solche aus dem ventralen und lateralen Ab-

schnitt des Kerns, gehen in das Akustikusbündel des Kleinhirns über (*Ramón y Cajal*) und dringen mit letzterem unter Abgabe von Kollateralen bis zu meinem Nucleus nervi vestibularis vor, woselbst sie reich verästelt endigen. Andererseits ist der Dachkern eine Endstätte zahlreicher Markfasern des Wurmes. Ausserdem wird er von Nervenfasern durchsetzt, welche nach Entwickelung kollateraler Reiser in Endverästelungen übergehen.

Das Mark des Kleinhirns lässt drei verschiedene Typen von Nervenfasern erkennen (Fig. 348): 1. Absteigende Neuriten *Purkinje*scher Zellen. 2. Aufsteigende Fasern mit Endverästelung in der Körnerschicht (Moos- und andere Fasern dieser Schicht). 3. Auf-

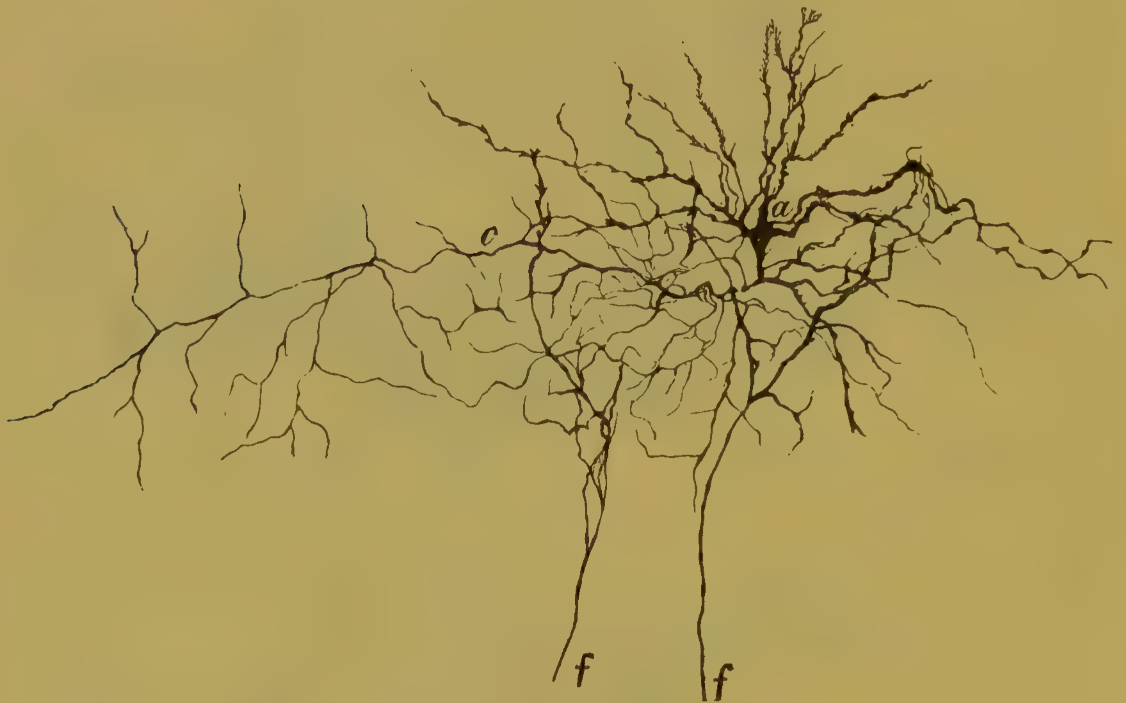



Fig. 354.
Sternzelle aus der grauen Molekularlage der Kleinhirnrinde. *Golgi*-Methode. *c* Neurit, welcher sich teils sofort verästelt, teils in einen langen Faden übergeht und von letzterem aus an *Purkinje*sche Zellen Kollateralen abgiebt.

steigende gröbere Elemente, die in der Molekularschicht teils die Körper und Dendriten *Purkinje*scher Zellen umranken (sogen. Kletterfasern), teils mit Fortsätzen von Sternzellen ein Geflecht erzeugen. Sämtliche Markfasern treten in die bekannten drei grossen Schenkel des Kleinhirns ein (Fig. 356), welche es sowohl mit dem Marke, als auch mit den Kernen des Hirnstammes verbinden und dort an die zahlreichen peripheren Leitungen des Kleinhirns Anschluss finden.

Zu dem Rückenmarke und der Körperoberfläche steht das kleine Gehirn vorwiegend durch Elemente des distalen Schenkels in Beziehung. Der Fasciculus antero-lateralis, das sogen. ventrale

Kleinhirnbündel, schlägt, wie schon im früheren erwähnt, einen anderen Weg ein, und zwar wendet er sich in der unteren Brückengegend von der ventralen Seite her gegen den Lateralrand des Pedunculus cerebelli anterior, biegt um diesen in nach aussen-oben gerichteter Bahn und erreicht teils durch das vordere Marksegel, teils unmittelbar das Gebiet des Vermis inferior.*) Der hintere Kleinhirnschenkel lässt zwei Abteilungen unterscheiden, eine laterale — dem Corpus restiforme entsprechende — und eine mediale. Jene führt die Mehrzahl der Kleinhirnbahnen des Rückenmarkes und der unteren Oliven (Fig. 365), in dieser verlaufen solche zu gewissen Gehirnnerven, insbesondere zu dem Acusticus, und zu den kleinen Oliven (Fig. 355 *foc*).

Von den Elementen der lateralen Abtei-

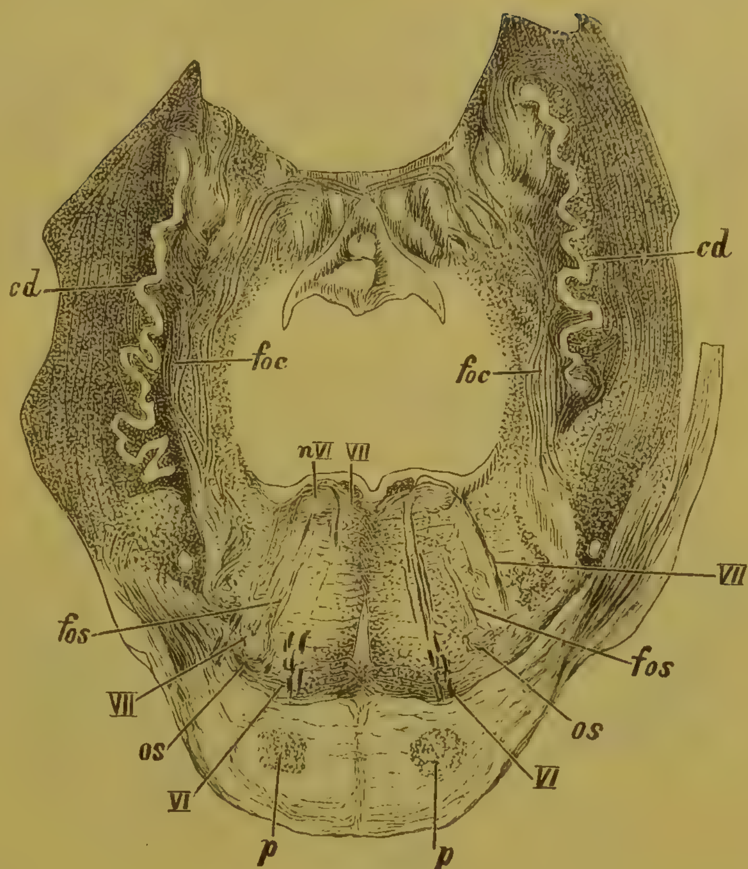



Fig. 355.
Schnitt durch die Brücke eines Neugeborenen. *cd* Corpus dentatum; *fos* Faserzug aus der Oberolive zum Nucleus nervi abducentis; *VII* Facialiswurzel; *os* Oliva superior, ventral davon sieht man Fasern des Trapezkörpers; *VI* Wurzelfasern des Nerv. abducens; *p* Pyramis; *foc* Faserbündel, von der Oberolive zum Dachkern hinaufsteigend und unterhalb dieses sich kreuzend (aussen von *foc* liegt die Faserung des Corpus restiforme); *nVI* Abducenskern. Behandlung nach *Pal*.




Fig. 356.
Der Boden der Rautengrube, durch Abtrennung des Kleinhirns eröffnet. Nach *Hirschfeld* u. *Leveillé*. 1 Medianfurche der Rautengrube; 2 Striae medullares; 3 hinterer Kleinhirnschenkel; 4 Clavae der Fasciculi graciles; 5 vorderer Kleinhirnschenkel; 6 Schleife; 7 mittlerer Kleinhirnschenkel; 8 Corpus bigeminum anterius.

*) Als besonderes Bündel beschreibt *Pellizzi* eine Anzahl von Fasern des Fasciculus antero-lateralis, welche durch den mittleren Kleinhirnschenkel in das Cerebellum eintreten sollen.

lung des hinteren Schenkels ummarken sich am frühesten die der Kleinhirnseitenstrangbahn oder des distalen Kleinhirnbündels. Von den topographischen Beziehungen dieser Bahn zu den übrigen Rückenmarkssträngen ist schon an einem früheren Orte gehandelt worden. Sie entspringt, wie ebenfalls schon gezeigt wurde, aus dem Grau der *Clarke*schen Säulen und zwar mit der Hauptmasse ihrer Fasern im oberen Teil der Lendenanschwellung und im unteren Brustmark. Längs der lateralen Fläche des Markes ununterbrochen zur Medulla oblongata emporsteigend lagert sie sich hier beiderseits zwischen grosser Olive und aufsteigender Trigeminuswurzel und wendet sich schliesslich mit dem Corpus restiforme (Fig. 357 u. 358 *fc*) dem kleinen Gehirne zu.

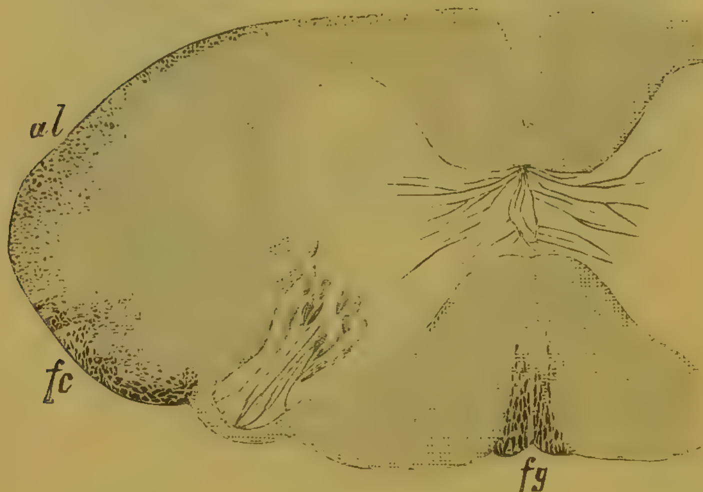



Fig. 357.
Aus dem Halsmark des Hundes, nach kompletter Durchschneidung des Brustmarkes. Nach einem Präparate von *Dobrotworski*. *fg* Degeneration in den *Goll*schen Strängen; *fc* degenerierte Kleinhirnseitenstrangbahn; *al* Fasciculus antero-lateralis, entartet. Behandlung nach *Marchi*.

In Beziehung auf die cerebellare Endigung dieser Bahn ist an Embryonen von 25—28 cm Länge mit noch völlig marklosen Kleinhirnhemisphären unschwer zu eruieren, dass die grosse Mehrzahl der betrachteten Fibrae cerebello-spinales, vorne-medial an dem Corpus dentatum vorbeiziehend, in den vorderen Teil der Rinde des Vermis superior einstrahlt. Dies wird durch Atrophieversuche bestätigt: nach einseitiger Durchtrennung des oberen Halsmarkes entwickelt sich bei jugendlichen Geschöpfen nach und nach homolaterale




Fig. 358.
Durchschnitt in der Gegend der Hypoglossuswurzel von dem Gehirn der Fig. 357. *fg* Degeneration in den *Goll*schen Strängen; *fc* degenerierte Kleinhirnseitenstrangbahn; *al* Fasciculus antero-lateralis, entartet. Nach einem Präparat von *M. Dobrotworski*. *Marchi* Methode.

Atrophie des Oberwurmes (*v. Monakow*). Die Endigung der Kleinhirnseitenstrangbahn in der entsprechenden Hälfte der Oberwurmrinde ist mittelst der Methode von *Marchi* ebenfalls mit aller Bestimmtheit nachweisbar (Fig. 359 und 360 *fc*). Jedoch erscheint auch die Möglichkeit einer partiellen Kreuzung der Kleinhirnbahn im Wurme nicht völlig ausgeschlossen.*)




Fig. 359.

**Durchschnitt in der mittleren Brückengegend von dem Gehirn der Fig. 357. *v* Vermis inferior cerebelli; *fg* Degeneration in den *Goll*schen Strängen; *fc* degenerierte Kleinhirnseitenstrangbahn; *al* Fasciculus anterolateralis, entartet. Nach einem Präparat von *Dobrotworski*. *Marchi*-Methode.**

Die laterale Abteilung des Kleinhirnschenkels enthält ausserdem Bahnen zu dem vorderen und hinteren Seitenstrangkern, zu dem lateralen Keilstrangkern und dem *Goll*schen Kern, sowie zu den grossen Oliven.**)

Die Fasern der beiden Seitenstrangkerne (Fig. 364) verlaufen in dem entsprechenden Corpus restiforme in Gesellschaft der direkten Kleinhirnbahn, von welcher sie durch geringere Stärke und spätere

---

*) Nach alten Herdaffektionen des Kleinhirns beobachtet man zuweilen Atrophie der gleichseitigen *Klarke*schen Säule, z. T. auch des Vorderhorns und der Hinterstrangkerne. Diese Atrophieerscheinungen sind augenscheinlich retrograder Natur.

**) Ausser Elementen aus den Hinterstrangkernen steigen zum kleinen Gehirne auch solche unmittelbar aus den *Goll-Burdach*schen Strängen selbst empor.

Ummarkung ihrer Elemente verschieden sind. Im Cerebellum, wo jene sich ihnen noch eine Strecke weit anschliesst, dringen sie gegen die vordere Zone des Oberwurmes vor, um sich hier dem Blicke zu entziehen (Fig. 361 *fos*).*)

Aus dem lateralen *Burdach*schen Kern (Fig. 362 *nB*) tritt eine Anzahl von Fasern als Fibrae externae posteriores zu dem entsprechenden Corpus restiforme und steigt zusammen mit Elementen der Seitenstrangkerne zum Kleinhirn hinauf. Sie endigen, wie aus entwickelungsgeschichtlichen Befunden hervorgeht, ebenfalls im




Fig. 360.

Durchschnitt an dem distalen Rande der Varolsbrücke von dem Gehirn der Fig. 357. *v* Vermis inferior cerebelli; *fc* degenerierte Kleinhirnseitenstrangbahn; *al* Fasciculus anterolateralis, entartet. Nach einem Präparat von *M. Dobrotworski.*

Vermis superior. Der laterale *Burdach*sche Kern dient aber auch als Ursprungsstätte innerer Bogenfasern. Letztere verlaufen in unmittelbarer Nähe des Fasciculus solitarius und gehen durch das

*) Der Beweis des Zusammenhanges zwischen Kleinhirn und vorderem Seitenstrangkern kann auch mit Hilfe der Atrophiemethode geführt werden: unilaterale Zerstörung des ersteren hat nämlich bei jungen Tieren auffallende Atrophie des letzteren zur Folge.

kontralaterale Corpus restiforme zu der anderseitigen Kleinhirnhälfte (Fig. 362).

Ein ähnliches Verhalten zum Cerebellum zeigen auch die *Goll*schen Kerne. Auch sie senden ihm, gleich ihren Nachbarkernen, direkte Fasern in Gestalt von Fibrae arcuatae posteriores (Fig. 362 *fap*) zu. Andere Abkömmlinge dieser Kerne beteiligen sich an der oberen (hinteren) Kreuzung, erreichen unter Durchsetzung der Olivenzwischenschicht die Pyramide und den Nucleus arciformis der anderen Seite, steigen sodann wiederum als Fibrae zonales anteriores längs der Peri-

Fig. 361.

Aus einem Querschnitt durch Kleinhirn und verlängertes Mark eines 44 cm langen menschlichen Embryos. *cd* Corpus dentatum; *em* Embolus; *ng* Nucleus globosus; *nt* Nucleus tecti; *v* Rinde des Vermis cerebelli; *fd* dorsales, *fm* mittleres, *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *nVIII* von mir beschriebener Akusticuskern (Hauptkern des Nervus vestibularis); *fnVIII* Verbindungsfasern zwischen *nVIII* und *Deiters*schem Kern und den centralen Kernen des Kleinhirns (insbesondere dem Nucleus globosus und emboliformis); *ffg* Fasern des Corpus restiforme aus dem Nucl. funic. gracilis (Fortsetzungen der Fibrae arcuatae externae anteriores des verlängerten Markes); *foi* marklose Fasern aus den unteren Oliven; *fcr* Fasern aus dem Corpus restiforme in der Fortsetzung der Kleinhirnseitenstrangbahn, der Bahnen aus dem Nucl. funic. cuneiformis und dem Seitenstrangkerne; *fos* Faserzug aus den Dachkernen zur oberen Olive und zum *Deiters*schen Kerne; *fnt* Verbindungsbahnen zwischen Dachkern und Wurmrinde; *fng* Fasern, die den Nucl. globosus und emboliformis mit der Rinde des Wurmes in Verbindung setzen. — *Weigert*sche Methode.

pherie des verlängerten Markes zum Corpus restiforme hinauf und treten schliesslich in das kleine Gehirn ein (Fig. 363 *f. aa*).*) Hier

*) Dem Verhalten der Fibrae arciformes externae anteriores an dem Gehirn eines Paralytikers, wo sie teilweise atrophisch erschienen, widmet neuerdings *Mingazzini* eine eingehende Untersuchung. Als Stratum zonale fasst dieser Autor alle Fasern zusammen, welche die untere Olive umkreisen und dem Verlaufe ihrer Lamellen folgen. Im Gegensatze hierzu stehen die von ihm sog. Fibrae periolivares: sie finden sich lateral von der Olive, ziehen nicht, wie

gelangen die *Goll*schen Kleinhirnfasern, wie mir embryonale Hirne zeigen, an die Aussenseite des Corpus dentatum entsprechend dem vorderen Abschnitte dieses letzteren und wenden sich dann bogenförmig nach innen zu dem lateralen Teile des gleichseitigen Oberwurmes (Fig. 361 *ffg*).

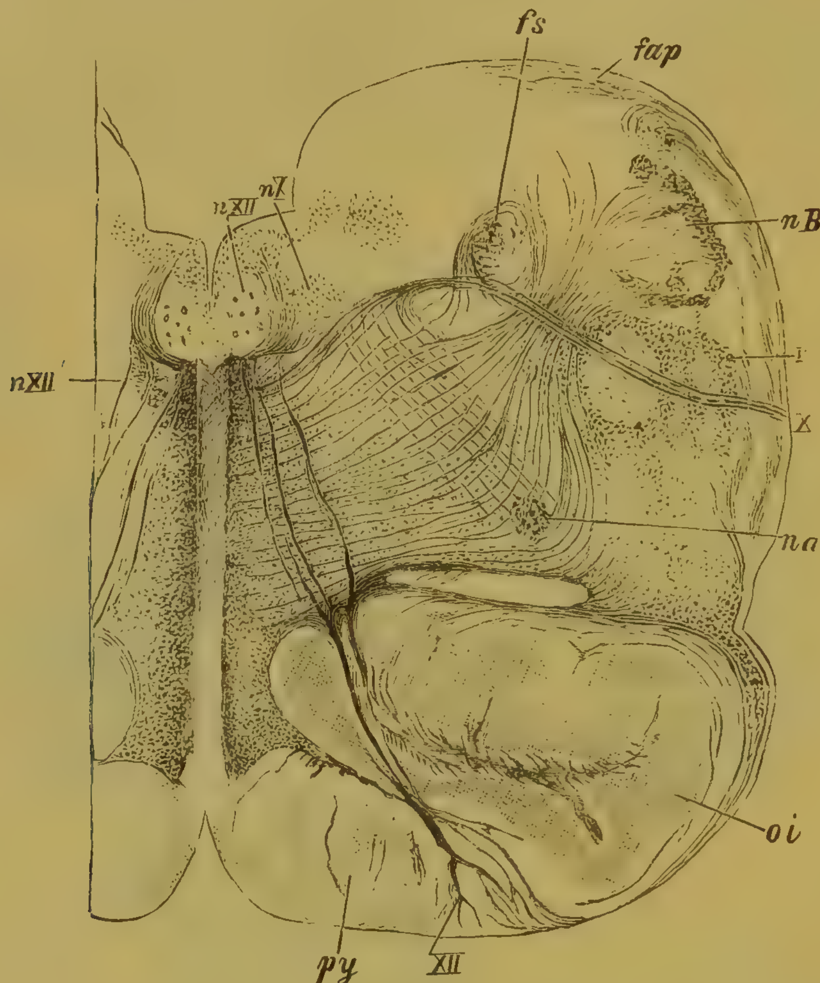



Fig. 362.

Medulla oblongata eines menschlichen Embryo. Färbung nach *Weigert*. *V, X, XII* Wurzeln der entsprechenden Hirnnerven; *nX* Kern des Nerv. vagus; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* accessorischer Kern des Hypoglossus; *fs* Fasciculus solitarius; *na* Nucleus ambiguus; *oi* untere Olive; *py* Pyramide; *fap* Fibrae arcuatae posteriores.

---

jene, um den ventralen Olivenrand, sondern schliessen sich an Fasern an, die lateral um die Pyramide biegend (Fibrae peripyramidales), an deren Aussenseite weiterziehen. Am weitesten nach aussen liegen Fibrae retrotrigeminales, teils hinter, teils lateral und in der Richtung der aufsteigenden Quintuswurzel verlaufend.

Mit Bezug auf alle diese Bogenfasern kommt *Mingazzini* zu folgenden Sätzen. Die ventro-medialen Fibrae peripyramidales sind zu einem kleineren Teile Schleifenfasern mit dem Ursprung in den kontralateralen Hinterstrangkernen, zu einem grossen Teile restiformale Fasern, indem sie durch Vermittelung von Fibrae intra- und retrotrigeminales aus dem Corpus restiforme der anderen Seite herkommen. Die Fibrae restiformales bilden die ventrale Schicht des Nucleus arciformis, dem sie feinste Fäserchen zusenden; der dorsale Teil dieses Kernes besteht fast nur

Mit den unteren Oliven endlich steht das Kleinhirn in gekreuzter Verbindung. Zahlreiche Fasern (Fig. 364 und 365) gehen durch den Pedunculus cerebelli posterior teils als äussere, teils als innere vordere Bogenfasern abwärts durch die Raphe zu der kontralateralen Unterolive. Einige davon scheinen allerdings die gleichseitige Olive zu erreichen.*) Zum Beweise für die Kreuzung der Kleinhirnolivenbahn können unter anderem Fälle von alten unilateralen Herderkrankungen des Kleinhirns mit Atrophie der anderseitigen Olive angeführt werden. Bei jugendlichen Geschöpfen entwickelt sich diese Atrophie nach halbseitiger Kleinhirnzerstörung bekanntlich in ungemein auffallendem Grade.**)

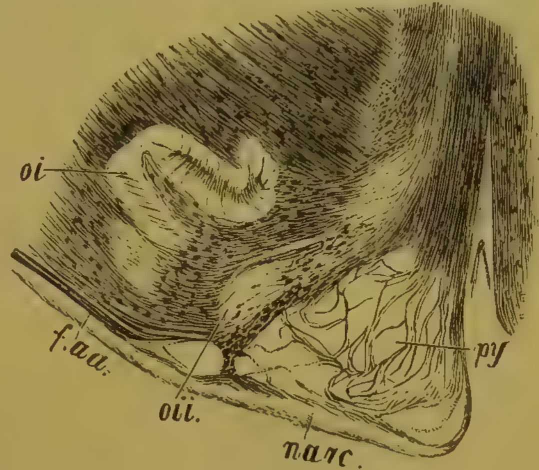



Fig. 363.
Aus einem Durchschnitt eines menschlichen Gehirns mit sekundär degenerierter Pyramide. *py* degenerierte Pyramide; *oi* untere Olive; *oii* mediale Nebenolive; *faa* Fibrae arciformes externae; *narc.* Nucleus arciformis.

---

aus Schleifenfasern mit verschwindender Beimischung restiformaler Elemente. Die ventro-lateralen Fibrae peripyramidales liegen unmittelbar in der Fortsetzung der Fibrae periolivares und stammen teils aus dem Seitenstrangkern (Pars lateralis), teils aus Fibrae praetrigeminales der gleichen Seite (Pars restiformalis). Das Stratum zonale der unteren Olive endlich enthält fast nur Fibrae praetrigeminales. In den distaleren Teilen des verlängerten Markes werden die Fibrae arcuatae externae anteriores, soweit sie nicht als Fibrae cerebello-olivares oder als Fortsetzungen kontralateraler medialer Fibrae circumpyramidales auftreten, fast ausschliesslich von inneren Bogenfasern aus den kontralateralen Hinterstrangkernen dargestellt. Auf Schnitten dagegen, wo die Fibrae cerebello-olivares aus dem Corpus restiforme herauszutreten beginnen, werden die Fibrae circumpyramidales an der medialen Seite der Pyramide grösstenteils schon von Elementen des kontralateralen Corpus restiforme, an deren lateraler Seite teils von homolateralen Fibrae cerebello-olivares, teils von Fasern des Seitenstrangkerns gebildet.

*) Die Fibrae cerebello-olivares werden auf dieser Bahn wenigstens zum Teil in dem kontralateralen Nucleus arciformis unterbrochen.

**) Hierher gehören auch die Beobachtungen über Atrophie einer Kleinhirnhemisphäre beim Menschen. Einen solchen Fall beschreibt *Kramer* (Beiträge zur pathol. Anat. u. zur Allg. Pathol. XI, 1, 1891). Ausser Veränderungen des vorderen Kleinhirnschenkels und der Brücke (s. unten) fand sich gleichmässige Atrophie des gesamten Corpus restiforme; die Kerne der Hinterstränge erwiesen sich beiderseits ergriffen, ein Teil der Seitenstränge nebst ihrem Kern, sowie die kontralaterale Unterolive atrophisch. Die Schleife und die Acusticuskerne erschienen unbeschädigt. Dagegen beobachtete *Marchi* (Rivista di freniatria XVI, 3, 1891) nach Kleinhirnzerstörung ausser Degeneration der Crura cerebelli absteigende Faserentartung im homo- und kontralateralen hinteren Längsbündel, Degeneration der Schleife und des Randteiles der Vorderseitenstränge. Ähnliche Resultate sind nach den gleichen Eingriffen und bei Anwendung der *Marchi*-Methode in dem Laboratorium meiner Klinik von *A. Basilewski* gewonnen worden.

Bezüglich des Verlaufes des Fasciculus cerebello-olivaris im Strickkörper und Kleinhirn konnte ich beim Neugeborenen, wo seine Elemente noch ausserordentlich zarte Markscheiden aufweisen, folgendes eruieren. Anfänglich entspricht diese Bahn den medialeren Teilen des Corpus restiforme. Nach und nach aber rückt sie immer mehr lateralwärts, so zwar, dass sie nach oben hin schliesslich den frühzeitig ummarkten Anteil des Corpus restiforme von allen Seiten umgiebt und vor dem Eintritt in die Kleinhirnhemisphären unmittelbar lateral von diesem zu liegen kommt. In dem Cerebellum selbst finde ich die

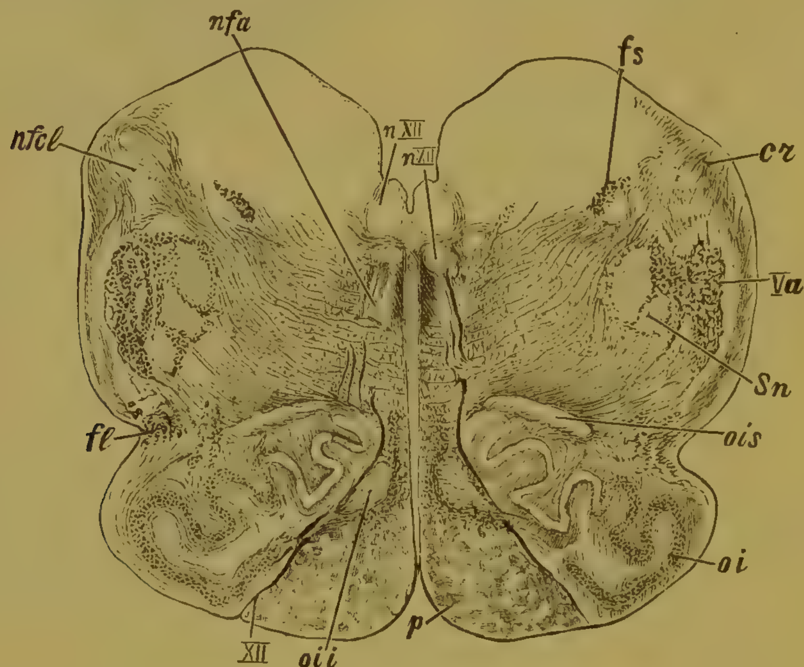



Fig. 364.
Querschnitt durch die Medulla oblongata einer siebenmonatigen menschlichen Frucht in der Gegend der Mitte der unteren Oliven. *fs* Fasciculus solitarius; *cr* Corpus restiforme; *Va* Radix ascendens Trigemini; *sn* Substantia gelatinosa; *ois* obere Nebenolive; *oi* untere oder grosse Olive; *p* Pyramide; *oii* mediale Nebenolive; *XII* Wurzel des Hypoglossus; *fl* aberrierendes Bündel; *nfcl* lateraler Kern des Keilstranges; *nfa* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius *Misslawski*; *nXII* Kern des Hypoglossus; *nXII'* Nebenkern des Hypoglossus.

Fibrae cerebello-olivares in der Nachbarschaft des Corpus dentatum, insbesondere an dessen lateraler Seite im Gebiete des Vliesses (Fig. 361 *foi*), wo sie augenscheinlich mit den Elementen des Corpus dentatum in unmittelbare Verbindung treten, doch kommt ein Teil derselben direkt aus der Kleinhirnrinde und zieht lateral an dem gezahnten Kern vorbei.

Da die unteren Oliven, wie im vorhergehenden dargethan wurde, durch die centrale Haubenbahn mit den basalen Teilen des grossen Gehirnes in Verbindung stehen, so könnte als Fortsetzung dieser der Fasciculus cerebello-olivaris in Anspruch genommen werden, wenn es in Gemässheit neuerer Befunde nicht feststände, dass letzterer sich vorwiegend aus Neuriten *Purkinje*scher Zellen zusammensetze und somit eine teilweise absteigende Bahn darstelle. Es kommt hinzu, dass im Halsmarke

ein besonderes Bündel aus den unteren Oliven herabsteigt (s. oben). Die Bedeutung der Olivenkleinhirnbahn würde sonach vor allem in einer Verbindung des kleinen Gehirnes mit dem Marke bezw. mit dessen grauen Vordersäulen zu suchen sein. Mit Rücksicht hierauf muss man *v. Kölliker* beistimmen, wenn er den Fasciculus cerebello-olivaris als centrifugale Kleinhirnleitung auffasst, umsomehr, als auch die Degenerationen dieser Bahn stets in absteigender Richtung verlaufen. Allerdings sind die Olivenfasern nur zu einem Teile centrifugaler Art, da offenbar auch centripetale solche Elemente vorkommen, über deren Bedeutung gegenwärtig noch nichts sicheres bekannt ist.

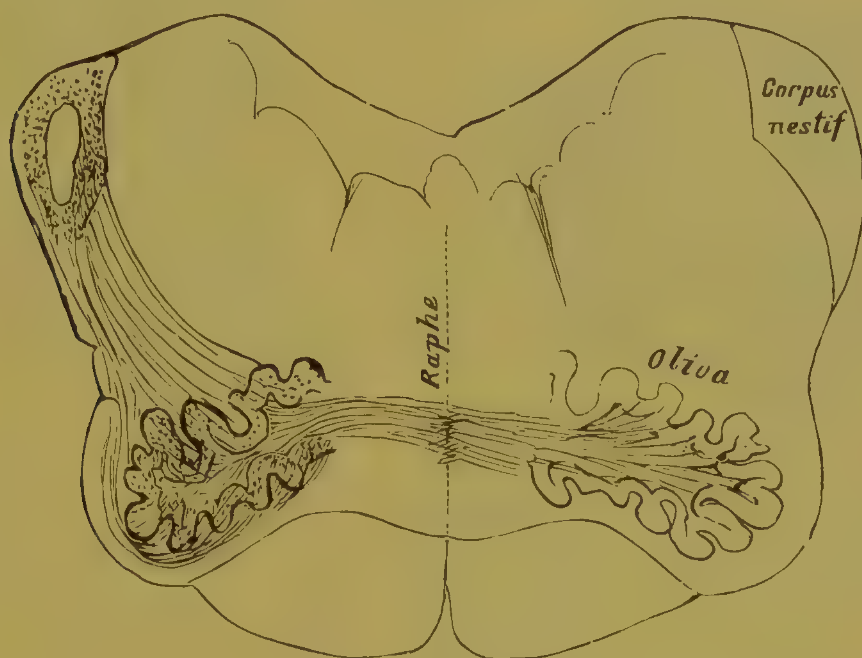



Fig. 365.
Verlauf der Fibrae cerebello-olivares. Schematisch dargestellt. Nach *L. Edinger*.

Hier wäre an die alte Hypothese *Meynerts* zu erinnern, welcher gemäss die unteren Oliven das Bindeglied zwischen Hinterstrangkernen und kleinem Gehirn darstellen sollten. Zwar sind gegen diese Hypothese in letzterer Zeit von *Edinger* und Anderen Bedenken erhoben worden, allein mir scheint, dass hier noch weitere Untersuchungen, namentlich solche der Degenerationen mit der Methode von *Marchi*, vonnöten sind, ehe an eine endgiltige Entscheidung der Frage gedacht werden kann.

*Ferrier* und *Turner* sahen im Anschlusse an isolierte Beschädigungen des *Goll*schen und *Burdach*schen Kernes Degeneration von unteren Olivenfasern auftreten.

In Anknüpfung an *Biedls* Untersuchungen wurden neuerdings in dem distalen Kleinhirnschenkel noch andere centrifugale Kleinhirnbahnen nachgewiesen. Nach Durchschneidung dieses Kleinhirnschenkels konstatierte *Biedl* (s. oben) mit Hilfe der *Marchi*-Methode eine all-

mählich schwächer werdende, bis zum Lendenmarke hinabsteigende Faserdegeneration im Gebiete des entsprechenden Pyramidenseitenstrangbündels, also am Orte des von mir nach der Entwickelungsmethode aufgefundenen Fasciculus intermedius (s. S. 96). Ein anderes Degenerationsfeld entsprach im oberen Halsmarke den ventralen Teilen des Vorderseitenstranges, rückte abwärts unter gleichzeitiger Raumeinschränkung allmählich nach innen und stiess in den distalen Rückenmarksabschnitten bereits an den Medialrand des Vorderstranges: Fasciculus marginalis anterior von *Loewenthal.**) In der Medulla ob-

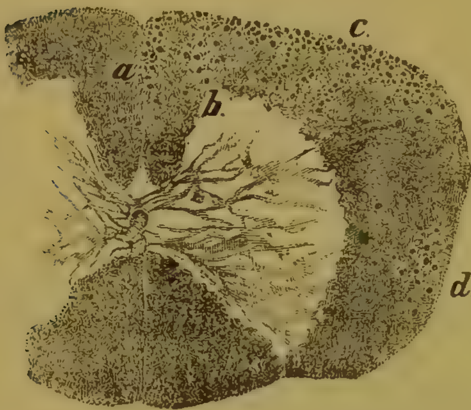



Fig. 366.




Fig. 367.

**Durchschnitte im Halsmark** (Fig. 366) **und in der unteren Rückenmarkgegend** (Fig. 367). Nach Präparaten von *A. Basilewski*. Behandlung mit der *Weigert*schen Methode. Die degenerierten Systeme wie folgt bezeichnet: *a* absteigende Bahnen des hinteren Längsbündels; *b* Fortsetzung von Fasern der letzterem benachbarten Gebiete der Formatio reticularis; *c* Fasersystem aus dem medialen Felde des hinteren Kleinhirnschenkels; *d* Fasciculus intermedius.

longata waren weder in der Pyramide, noch in der Schleife, noch in den Hinterstrangkernen und in der sensorischen Kreuzung entartete Fasern nachweisbar, vielmehr beschränkte sich hier die Degeneration auf das dorsale Längsbündel — die Fortsetzung des Vorderstranggrundbündels — und auf den Raum zwischen den Vorderhornresten und der aufsteigenden Trigeminuswurzel. Gleichzeitig fand sich Faserdegeneration im Trapezkörper und im Gebiete der Fibrae arcuatae internae und externae. Alle diese Veränderungen stellt *Biedl* in ausschliessliche Abhängigkeit von der erwähnten Verletzung des hinteren Kleinhirnschenkels, ein Satz, welcher mit gewissen Angaben von *Marchi* nicht gut vereinbar erscheint Letzterer Autor beobachtete nämlich nach Kleinhirnzerstörung eine Reihe teilweise ähnlicher Erscheinungen und führt an, dass Degeneration des mittleren Kleinhirnschenkels mit Faserentartung in der Schleife und im hinteren Längs-

---

*) Dieses Bündel entwickelt sich etwas früher als die nachbarlichen Züge des Rückenmarkes und kann daher auch nach der Markscheidenmethode an Embryonen des 7—8 Monates nachgewiesen werden.

bündel einhergehe. Die betreffenden Faserzüge konnten abwärts zum Rückenmarke verfolgt werden, wo sie sich an der Peripherie des Vorderseitenstranges, entsprechend dem vorderen Randbündel von *Loewenthal*, vorfanden. Als notwendige Folgeerscheinung betrachtet *Marchi* einen auch in seinen Fällen beobachteten Faserschwund in einer Anzahl von Hirnnerven und vorderen Rückenmarkswurzeln. Neben Degeneration des Corpus restiforme und Atrophie der kontralateralen grossen Olive fand *Marchi* nach Kleinhirnzerstörungen absteigende Entartung eines Faserzuges, welcher durch den hinteren Kleinhirnschenkel in die Kleinhirnseitenstrangbahn eintritt.

Durchtrennung des hinteren Kleinhirnschenkels bei Hunden (Fig. 366 und 367) hat nach den unter meiner Leitung angestellten Untersuchungen von *A. Basilewski* (*Marchi*-Methode) zur Folge: absteigende Degeneration des hinteren Längsbündels bis in den Vorderstrang des Markes, Degeneration des Fasciculus antero-marginalis längs dem antero-lateralen Rande des Seitenstranges und dem ventralen des Vorderstranges bis zum Lendenmarke, minder auffallende Faserdegeneration im Fasciculus intermedius, endlich zerstreute Degeneration im Vorder- und zum Teil im Seitenstranggrundbündel. Die direkte Kleinhirnbahn enthielt nur hin und wieder vereinzelte entartete Elemente. Im verlängerten Marke (Fig. 368) waren das Corpus restiforme, die Randteile der Oblongata, die Gegend der Seitenstrangkerne, die Trapezformation auf der entsprechenden Seite, sowie die vorderen und inneren Bogenfasern ergriffen. Die entarteten Fibrae arcuatae anteriores konnten jenseits der Pyramide zu den lateralen Kernen und längs der Raphe zu den Vorderstrangkernen verfolgt werden. Die degenerierten inneren Bogenfasern erstreckten sich bis zu der kontralateralen Unterolive, erreichten beide, vorwiegend aber die anderseitige Schleife, die Formatio reticularis und das hintere Längsbündel. Der Faserschwund in dem Trapezkörper endlich machte an der gleichseitigen Oberolive Halt. Die Schleife zeigte zerstreute aufsteigende Degeneration. In der Formatio reticularis erschien die Degeneration ebenfalls zerstreut, doch besass sie hier, wie im Fasciculus longitudinalis posterior, absteigenden Verlauf und erreichte, wie schon erwähnt wurde, die Vorderseitenstränge des Markes. *)

*) Der durch den Eingriff am hinteren Kleinhirnarm erzeugte Entzündungsreiz hatte in den vorliegenden Versuchen den oberen Teil der Hinterstrangkerne mit afficirt; so erklärt sich vielleicht der Faserschwund in der Schleife. Das Vorkommen aufsteigend degenerierender Fasern in der Schleife, insbesondere in der kontralateralen, nach Zerstörungen des Cerebellum und bei Anwendung der Methode von *Marchi* wird auch von anderer Seite mehrfach bestätigt gefunden (*Marchi*, *Pellizzi* u. a.). Inwiefern auch hier als ursächliches Moment zufällige Läsionen der Hinterstrangkerne in Frage kommen, muss allerdings dahingestellt bleiben.

Was das spinale System des Fasciculus marginalis anterior betrifft, so verläuft es nach seinem Austritte aus dem Cerebellum wahrscheinlich in der medialen Abteilung des hinteren Schenkels. Von *F. Teljatnik* ist in meinem Institute dargethan worden, dass diese Bahn auch nach isolierten Läsionen des Vermis superior in Degeneration übergeht und somit hierselbst ihre Ursprungsstätte haben muss. Gleichzeitig fand sich beiderseits absteigende, auf der entgegengesetzten Seite auch aufsteigende Entartung des hinteren Längsbündels infolge jenes Eingriffes. Der hintere Schenkel enthält also ausser den Fibrae cerebello-olivares eine Reihe centrifugaler, cerebro-spinaler Kleinhirnbahnen, nämlich




Fig. 368.

Faserschwund im verlängerten Marke bei Durchschneidung des hinteren Kleinhirnschenkels. Nach einem Präparate von *A. Basilewski*. *cr* Corpus restiforme; *flp* hinteres Längsbündel; *fai* Fibrae arcuatae internae; *fae* Fibrae arcuatae externae anteriores; *l* Olivenzwischenschicht (Schleife); *c* System des Fasciculus antero-marginalis; *oi* untere Olive; *py* Pyramide. *Marchi*-Methode.

den Fasciculus antero-marginalis, zum Vorderstrange herabsteigende Elemente des Fasciculus longitudinalis posterior, zerstreute Faserzüge des Vorderseitenstranggrundbündels und den Fasciculus intermedius des Seitenstranges.

Die Endigung der Hauptmasse des Corpus restiforme liegt — *Golgi*-Methode — in beiden Hälften des Wurmes. Seine Elemente werden vorwiegend zu Moosfasern der rostfarbenen Schicht. Gleich-

zeitig werden an die benachbarten Windungen und an das Corpus dentatum Kollateralen abgegeben; im verlängerten Marke gehen solche zu der Gegend des Nucl. vestibularis (*Held*). Ein Teil des Strickkörpers entspringt im Gebiete der centralen Kleinhirnkerne, sowie in *Purkinje*schen Zellen und endigt in der unteren Olive. Letztere aber giebt ihrerseits Fasern den Ursprung, die zum Kleinhirn zurückkehren und hier aufhören. Das Vorkommen auf- und absteigender Bahnen in dem Fasciculus cerebello-olivaris ist somit auch an *Golgi*schen Präparaten ersichtlich.

Von anderen Bestandteilen des Corpus restiforme haben die direkte Kleinhirnbahn und die Faserzüge aus den Hinterstrangkernen zweifellos aufsteigenden Verlauf. Das gleiche gilt wenigstens zum Teile von den Fasern aus den Seitenstrangkernen, denn an *Golgi*-Präparaten sieht man Neuriten dieser Kerne dem Corpus restiforme sich anschliessen; dagegen scheint eine Anzahl derselben im Kleinhirn zu wurzeln.

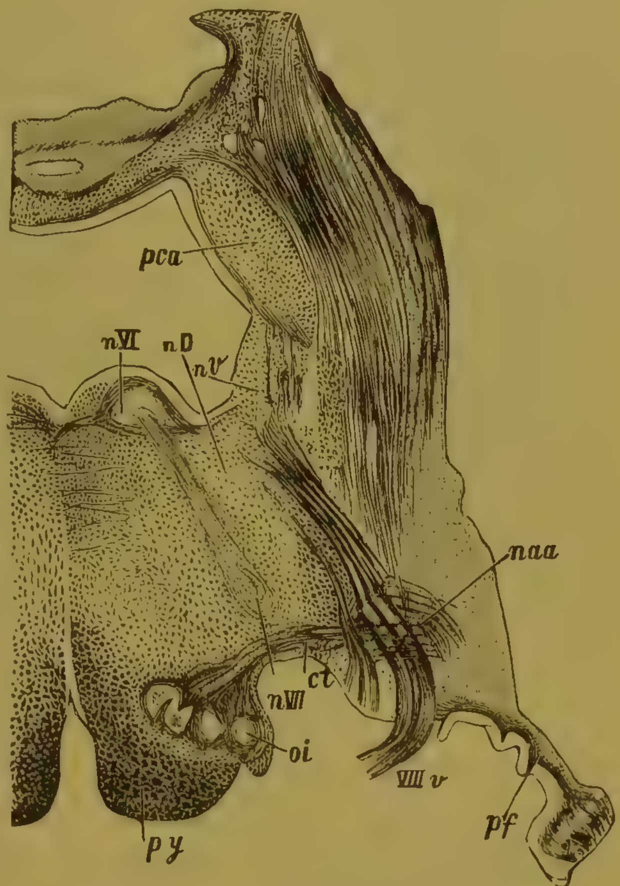



Fig. 369.

Durchschnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *Weigert*sche Behandlung. *pca* vorderer Kleinhirnschenkel; *nv* Nucleus vestibularis; *nD* *Deiters*scher Kern; *nVI* Nucleus nervi abducentis; *naa* Nucleus acustici anterior; *pf* Pedunculus flocculi; *VIIIv* vestibulare Wurzel des Acusticus; *ct* Trapezkern; *nVII* Nucleus nervi facialis; *oi* Oliva inferior; *py* Pyramis.

In der medialen Abteilung des hinteren Kleinhirnschenkels finden sich ausser den schon erwähnten absteigenden Systemen die Bahnen des Kleinhirns zu den Gehirnnerven, insbesondere zum Nervus acusticus und diejenigen zu der oberen Olive.

Bezüglich der Verbindungen des Kleinhirns mit dem Gehörnerven bezw. dessen Ramus vestibularis und mit den Bogengängen des Ohrlabyrinthes ist nach der anatomischen Seite hin folgendes ermittelt worden.

Der Ramus vestibularis, im Vorhofe und in den Bogengängen sich verästelnd, verläuft als selbständiger Stamm neben dem Rest des Gehörnerven, dem etwas später markweiss werdenden Ramus cochlearis. Centralwärts geht er in die sog. vordere Wurzel des Acusticus über, dessen hintere Wurzel die Fortsetzung des Ramus

cochlearis darstellt (Fig. 374 VIII*v*, VIII*c*). Die cerebralen Verästelungen der vorderen Wurzel entsprechen somit der centralen Endigung des Ramus vestibularis.

Die vordere Wurzel endigt unter Entwickelung auf- und absteigender Äste (s. oben) teils an der lateralen Ecke der Rautengrube in meinem Nucleus vestibularis, teils wendet sie sich dem *Deiters*schen (Fig. 369 u. 374) und offenbar auch dem medialen Acusticuskerne zu. Während diese Kerne ohne Ausnahme der Raphe Fasern zusenden, stehen die beiden zuerstgenannten ausserdem mit dem kleinen Hirne in Verbindung. Aus dem Nucleus vestibularis steigen im medialen Felde des hinteren Kleinhirnschenkels Faserzüge zum Cerebellum empor (Fig. 369; Fig. 372 *fn* VIII); unmittelbar lateral, aber zum Teil auch zwischen den Elementen des vorderen Kleinhirnschenkels verlaufend, erreichen sie den Nucleus globosus und Nucleus fastigii, sowie anscheinend auch die Rinde der entsprechenden Hälfte des Vermis superior.*) Aber auch der *Deiters*sche Kern sendet im medialen Felde des Pedunculus posterior dem Kleinhirn Fasern zu (Fig. 372 *fn* VIII). Ein Teil dieser Fasern gesellt sich auf seiner Bahn zu jenen aus dem Nucleus vestibularis — aus ihrer Vereinigung entsteht eben das in Rede stehende mediale Bündel des hinteren Kleinhirnarmes — und gelangt so zu den nämlichen Endstätten, wie letztere, nämlich zum Nucleus globosus und fastigii und — vielleicht — zur Rinde des Oberwurmes.

Andererseits scheinen aufsteigende Äste der vorderen Wurzel unmittelbar zum kleinen Gehirn vorzudringen, wie *Golgi*-Präparate erkennen lassen (*Held*, *Ramón y Cajal*). Ob eine derartige direkte Verbindung mit dem Cerebellum auch bei den höheren Säugetieren vorkommt, werden weitere Untersuchungen zu entscheiden haben.

Ausser dem Acusticus haben wahrscheinlich noch einige andere Hirnnerven, wie der Trigeminus und Glossopharyngeus und Vagus Beziehungen zum Kleinhirn. Doch handelt es sich hier im allgemeinen um wenig umfangreiche, durch aufsteigende Äste von Wurzelfasern dargestellte Verbindungen.**)

---

*) Nach Ansicht mancher Autoren soll der N. vestibularis auch mit der Flocke des Kleinhirns zusammenhängen, und zwar durch den Pedunculus flocculi.

**) *Edinger* (Bericht d. Vers. Süd-Westdeutsch. Neurol. u. Irrenärzte in Baden 1886 und Neurol. Centralbl. 1885, S. 73) betrachtet einen grossen Teil des sog. medialen Feldes des hinteren Kleinhirnschenkels als direkte sensorische Kleinhirnbahn mit dem Ursprunge im Kugel- und Dachkerne. Sie soll Fasern aus dem Acusticus, Trigeminus, Vagus, Glossopharyngeus und solche aus den Hinterstrangkernen in sich schliessen; letztere sollen der aufsteigenden Acusticuswurzel in dem in die sensorische Kleinhirnbahn eingeschalteten *Deiters*schen Kern entsprechen. Diese vorzugsweise an Tiergehirnen gewonnenen Ableitungen sind jedoch nicht

Die Kleinhirnfasern zu den Oberoliven (Fig. 370 *foc*) sind bei Foeten von 28 cm Länge, wo sie bereits überall markweiss erscheinen, am leichtesten der Beobachtung zugänglich. Von ihrer Ursprungsstätte, den Dachkernen im Cerebellum, verlaufen sie anfänglich zusammen mit den vorhin geschilderten Bahnen, kreuzen sich über und zwischen den Dachkernen in der Mittellinie, biegen von der lateralen Seite her um den vorderen Kleinhirnarm und ziehen sodann als überallhin scharf begrenzter Strang in dem medialen Felde des Pedunculus cerebelli posterior bis zum Niveau des Nerv. trigeminus abwärts. Schliesslich erreichen sie teils direkt, teils durch Vermittelung von Trapezfasern die gleichseitige obere Olive.

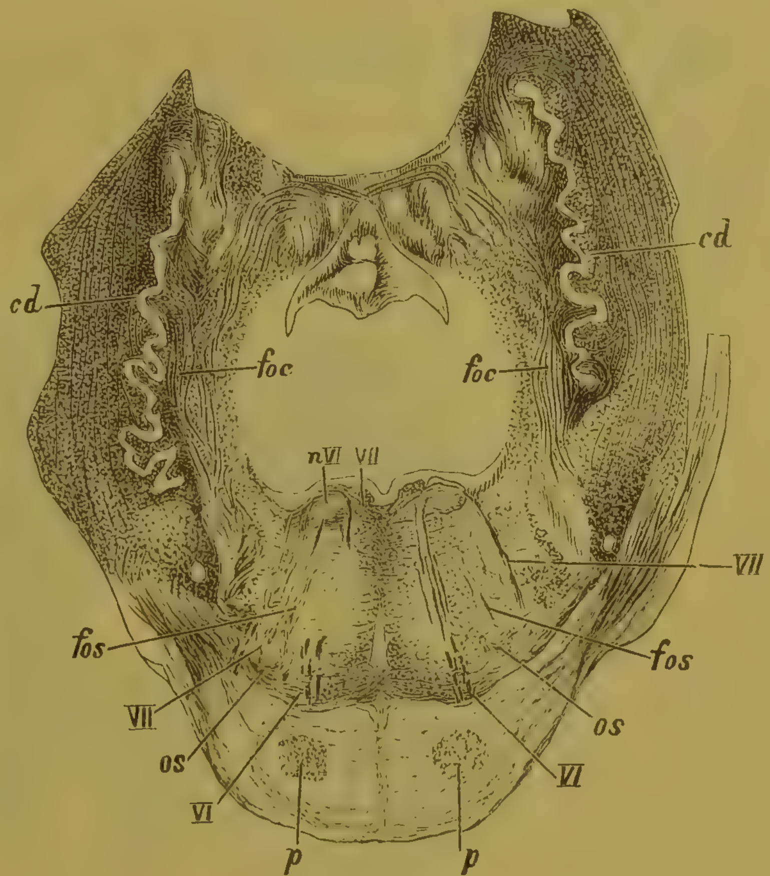



Fig. 370.
Schnitt durch die Brücke vom Neugeborenen. *cd* Corpus dentatum; *fos* Faserzug aus der Oberolive zum Nucleus nervi abducentis; *VII* Facialiswurzel; *os* Oliva superior, ventral davon sieht man Fasern des Trapezkörpers; *VI* Wurzelfasern des Nerv. abducens; *p* Pyramis; *foc* Faserbündel, von der Oberolive zum Dachkern hinaufsteigend und unterhalb dieses sich kreuzend (aussen von *foc* liegt die Faserung des Corpus restiforme); *nVI* Abducenskern. Behandlung nach *Pal.*

Über die Richtung der medialen Elemente des hinteren Kleinhirnschenkels ist leider nichts Sicheres bekannt. Die Degenerationsversuche haben in dieser Beziehung bisher wenig Definitives eruiert. Untersuchungen mit der *Golgi*schen Methode zeigen mir, dass sowohl auf- wie absteigende Fasern angetroffen werden. Zu den aufsteigenden

ohne Einschränkung auf die Verhältnisse des menschlichen Gehirns übertragbar. Die Hirnnervenbahnen zum Kleinhirn werden anscheinend durch Kollateralen dargestellt, wie solches ja bezüglich der vorderen Acusticuswurzel feststeht *(Held)*. Die Kleinhirnbahn der Hinterstrangkerne geht durch das laterale Feld des Pedunculus cerebelli posterior und wird nicht, wie *Edinger* annimmt, durch die absteigende Acusticuswurzel dargestellt, wovon man sich an Serienschnitten jugendlicher Embryonen unmittelbar überzeugen kann.

gehören z. B. die aus meinem Nucleus vestibularis hervorgehenden Kleinhirnbahnen, doch sind auch hier nach *Ramóns* Untersuchungen (s. oben) absteigende Fasern enthalten, die in jenem Kern ihre Endverästelungen haben. Die Bahnen zum *Deiters*schen Kern und zu den Oberoliven sind vorzugsweise — wenn nicht ausschliesslich — centrifugaler bezw. absteigender Natur.

Die Faserzüge des mittleren Kleinhirnschenkels entstehen in der Rinde und im Corpus dentatum des Kleinhirns und endigen in dem beiderseitigen Grau der Brücke, sowie in Elementen der Formatio reticularis. An dem einige Wochen alten kindlichen Gehirn finde ich in diesem Kleinhirnschenkel mindestens zwei Hauptabschnitte,

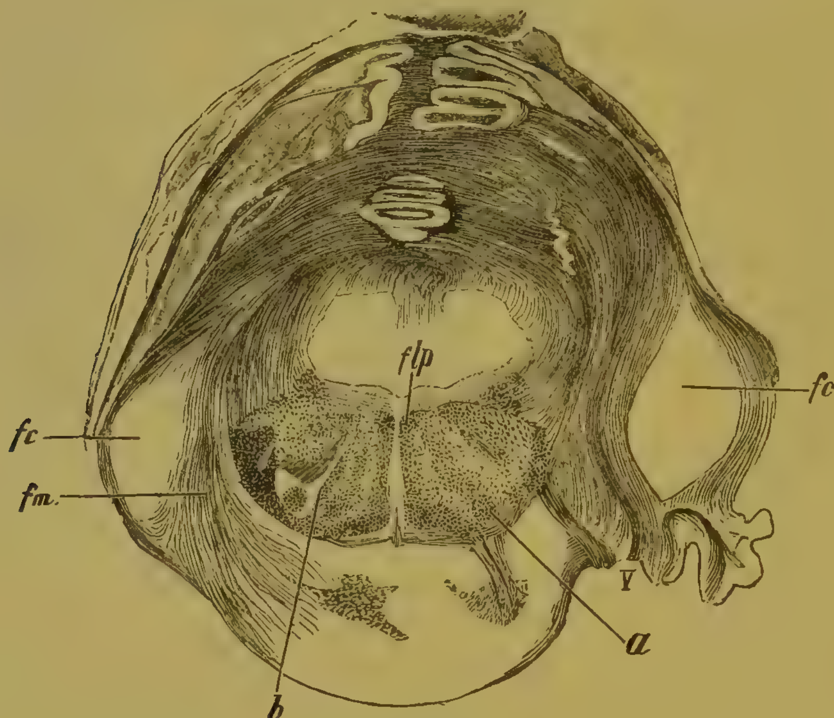



Fig. 371.

**Schnitt aus dem Gehirn eines Neugeborenen.** *Weigert*sche Methode. *flp* hinteres Längsbündel; *fm* früh ummarktes spinales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; *fc* später ummarktes cerebrales Bündel desselben; *a* centrale Haubenbahn; *b* Faserzug aus dem *Deiters*schen Kern zu der centralen Haubenbahn; *V* Nervus trigeminus. Rechts ist ein Faserzug aus der Gegend der Pyramidenbahn zur Haube dargestellt.

denen ein spinales und ein cerebrales Bündel entsprechen. Jenes (Fig. 371 *fm*) erscheint um die genannte Zeit bereits markbekleidet, dieses (Fig. 371 *fc*) noch aus grauen Fasern bestehend.

Das spinale Bündel hat seinen Ursprung in einem ausgedehnten Gebiet der Kleinhirnrinde, insbesondere in deren vorderen und mittleren Abschnitten, sowie in den grauen Kernen des Kleinhirns und wendet sich, im mittleren Kleinhirnschenkel eingeschlossen, hauptsächlich zu der unteren Hälfte der Varolsbrücke. Hier gehen seine Fasern im wesentlichen nach zwei Richtungen auseinander. Die einen

begeben sich längs der Oberfläche der Brücke zu den ventralen Abschnitten derselben und verästeln sich hier zum grössten Teile um Zellen der gleichen Seite. Die anderen ziehen nach ihrem Eintritt in die Brücke alsbald medianwärts zu dem Stratum complexum und endigen nach Überschreitung der Raphe in Nervenzellen der anderen Seite (Fig. 373). Das spinale Bündel steht demnach mit dem Grau b e i d e r Brückenhälften in Zusammenhang. Da das distale Brückengrau seinerseits Nervenfasern hervorgehen lässt, die als Fasciculus verticalis (Fig. 373 *fv*)




Fig. 372.

Aus einem Querschnitt durch Kleinhirn und verlängertes Mark eines 44 cm langen menschlichen Embryos. *cd* Corpus dentatum; *em* Embolus; *ng* Nucleus globosus; *nt* Nucleus tecti; *v* Rinde des Vermis cerebelli; *fd* dorsales, *fm* mittleres, *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *nVIII* von mir beschriebener Akusticuskern (Hauptkern des Nervus vestibularis); *fnVIII* Verbindungsfasern zwischen *nVIII* und *Deiters*schem Kern und den centralen Kernen des Kleinhirns (insbesondere dem Nucleus globosus und emboliformis); *ffg* Fasern des Corpus restiforme aus dem Nucl. funic. gracilis (Fortsetzungen der Fibrae arcuatae externae anteriores des verlängerten Markes); *foi* marklose Fasern aus den unteren Oliven; *fcr* Fasern aus dem Corpus restiforme in der Fortsetzung der Kleinhirnseitenstrangbahn, der Bahnen aus dem Nucl. funic. cuneiformis und dem Seitenstrangkerne; *fos* Faserzug aus den Dachkernen zur oberen Olive und zum *Deiters*schen Kerne; *fnt* Verbindungsbahnen zwischen Dachkern und Wurmrinde; *fng* Fasern, die den Nucl. globosus und emboliformis mit der Rinde des Wurmes in Verbindung setzen. — *Weigert*sche Methode.

der Region des Nucleus reticularis und dem lateralen Felde der Formatio reticularis zustreben, so ergeben sich Beziehungen des Kleinhirns zu dieser letzteren und somit zu den Vorderseitenstranggrundbündeln des Rückenmarkes.

Einige Elemente des Fasciculus spinalis wenden sich nach Erreichung der Brücke sofort medianwärts dem Stratum profundum zu, laufen, ohne sich den Zellen hierselbst zu nähern, zur Raphe und gelangen in dieser mit dem Fasciculus verticalis direkt zur Haube

(Fig. 371), wo sie teils in dem Nucleus reticularis, teils in der Formatio reticularis sich verlieren.*)

Gleichzeitig mit dem Fasciculus verticalis steigen, wie im früheren geschildert worden ist, den Vierhügeln angehörende Fasern aus der Brücke zur Haube empor. Hier schlagen sich diese Elemente sogleich seitwärts und ziehen unmittelbar dorsal von der Schleifenschicht mit letzterer vorzugsweise zu dem hinteren Vierhügel (Fig. 373, 376, 377).

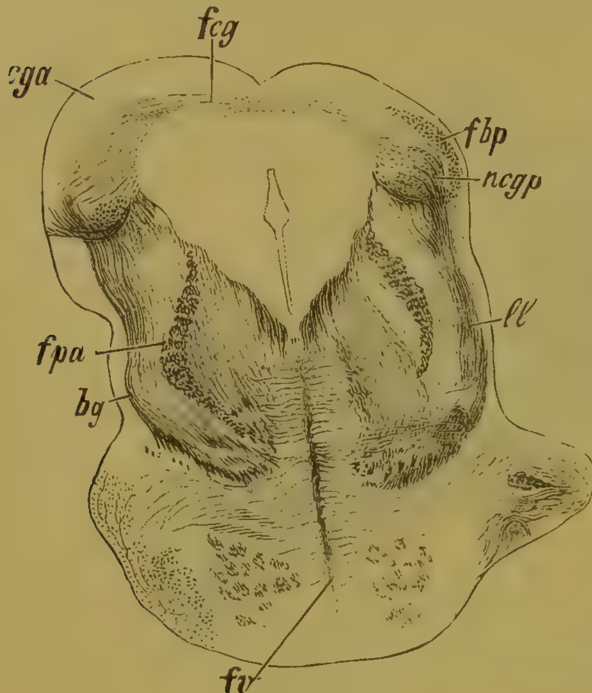



Fig. 373.
Schrägschnitt durch die Vierhügelgegend und den unteren Teil der Brücke einer reifen menschlichen Frucht. Behandlung nach der *Weigert*schen Methode. *ll* laterale Schleife; *ncgp* hinteres Vierhügelganglion; *fbp* Faserzüge des Brachium posterius aus dem hinteren Vierhügelganglion; *fcg* Faserkreuzung über dem Aquaeductus Sylvii im Gebiete des vorderen Vierhügels; *cga* Corpus quadrigeminum anterius; *fpa* vorderer Kleinhirnschenkel; *bg* Schleifenfasern zum Vierhügel; *fv* Fasciculus verticalis pontis.

Bei Atrophie des mittleren Kleinhirnschenkels nach halbseitiger Kleinhirnzerstörung wird auch ein Teil der homolateralen Schleife bis zu der Vierhügelgegend atrophisch gefunden (*Mingazzini*). Ob es sich hierbei um die soeben erwähnten, der Schleife sich anlagernden Faserzüge handele, ist wohl nicht unmöglich, doch mit Sicherheit nur an der Hand weiterer Versuche zu entscheiden.

Das cerebrale Bündel (Fig. 375 *fcm*) des mittleren Kleinhirnschenkels hat nach meinen Ermittelungen (Markscheidenmethode) seinen Ursprung wesentlich in den distalen, aber zum Teile auch in den oberen und lateralen Abschnitten der Kleinhirnrinde, sowie im Gebiete des Vermis superior und der centralen Kerne, insbesondere des disto-medialen Teiles des Nucleus dentatus. In dem mittleren Kleinhirnschenkel schräg vor-ventralwärts ziehend, strebt dieses Bündel hauptsächlich der oberen Hälfte der Brücke zu. Hier gelangen seine Fasern nach Überschreitung der Raphe (Fig. 378) grösstenteils zu Zellen, in welchen (s. unten) zugleich ein Teil der aus dem Grosshirn

*) Der Zusammenhang des Kleinhirns mit dem Retikularkern wird auch durch Ergebnisse der Atrophiemethode bestätigt. *Kramer* (Beiträge z. pathol. Anat. Bd. XI) fand nach Läsionen einer Kleinhirnhälfte neben Faserschwund im mittleren Kleinhirnschenkel Atrophie des gleichseitigen Brückengrau und des Nucleus reticularis.




Fig. 374.

Von einem sechsmonatigen menschlichen Embryo. Schnittbehandlung nach *Weigert*. *VIIIc* Ramus cochlearis der Acusticuswurzel, fast völlig marklos; *VIIIv* Ramus vestibularis acustici, bereits myelinhaltig (nach innen von dessen centralem Ende sieht man den dreieckigen Durchschnitt der absteigenden Acusticuswurzel); *V* aufsteigende (bezw. absteigende) Trigeminuswurzel; *nVII* Facialiskern; *oi* oberer Teil der grossen Olive; *nd* Nucleus dentatus.

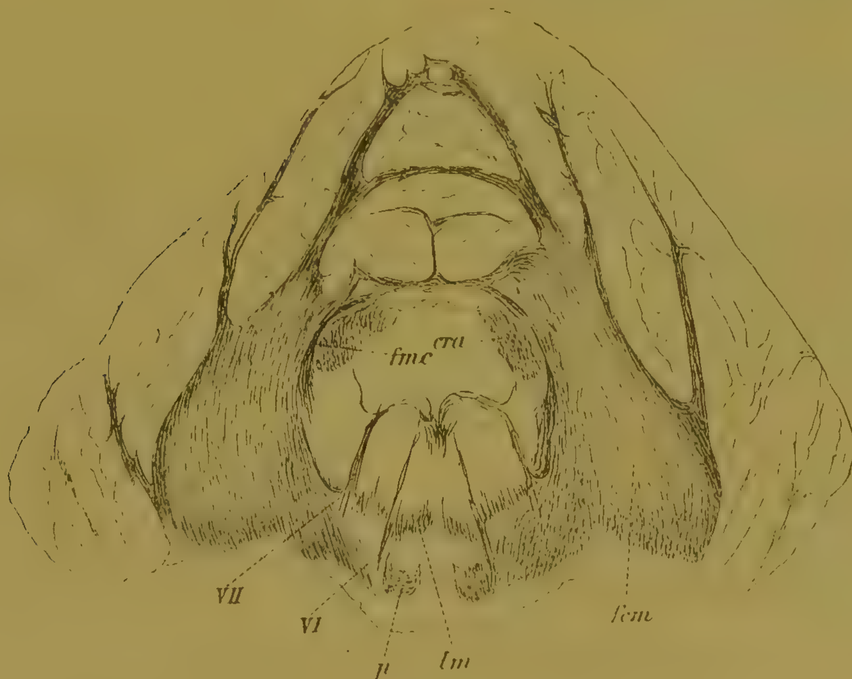



Fig. 375.

Schnitt durch Kleinhirn und Brücke eines 3monatigen Kindes. Behandlung nach der *Pal*schen Methode. *cra* vorderer Schenkel des Kleinhirns; *fmc* mediales Bündel des hinteren Kleinhirnschenkels (Fasciculus vestibulo-cerebellaris); *fcm* cerebrales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; *lm* Schleifenschicht; *p* Pyramidenbahn; *VI* Nervus abducens; *VII* Nervus facialis.

kommenden Fasern des medialen und lateralen Abschnittes des Hirnschenkelfusses unterbrochen wird.*) Es erzeugt somit das spinale Bündel infolge seiner Beziehungen zu den Nervenzellen der oberen Brückenhälfte und durch Vermittelung der erwähnten Hirnschenkelbahnen eine gekreuzte Verbindung zwischen dem Kleinhirn und der Rinde des Vorderhirns.

Die ältere Ansicht, welcher zufolge der Pedunculus medius eine Kommissur zwischen beiden Kleinhirnhemisphären darstellen sollte, muss gegenwärtig als unbegründet aufgegeben werden.

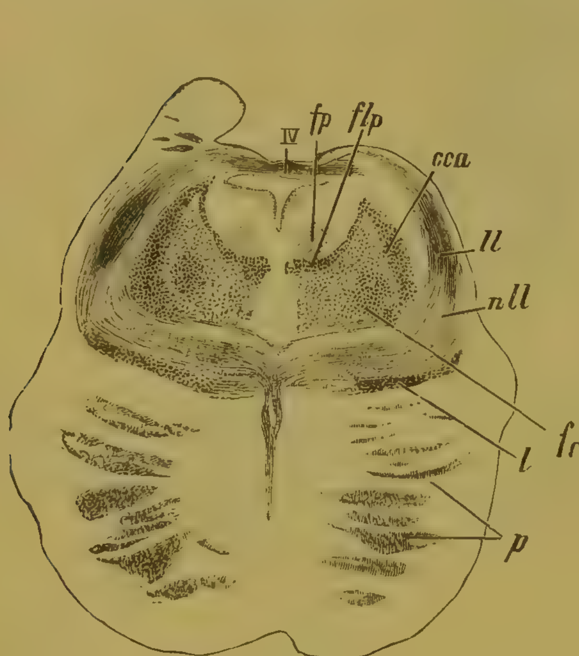



Fig. 376.

Von einem einige Wochen alten Kinde. Schnitt hinter den Vierhügeln hindurchgelegt. *IV* Trochleariswurzel, über dem Aquaedukt kreuzend; *fp* Gegend des hinteren Längsbündels von *Schütz*; *flp* hinteres Längsbündel; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern der lateralen Schleife; *fc* centrale Haubenbahn; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn.

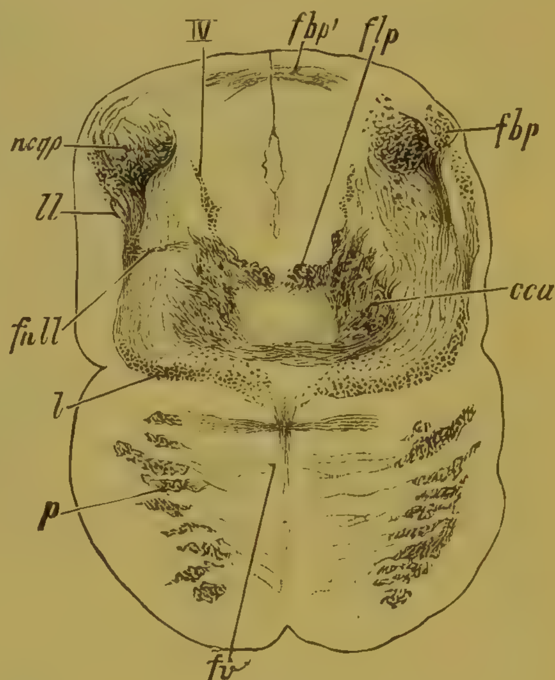



Fig. 377.

Durchschnitt in der Gegend des hinteren Vierhügels von dem Gehirn eines einige Wochen alten Kindes. Färbung nach *Weigert*. *IV* Wurzeln des Trochlearis; *ncqp* Kern des hinteren Vierhügels; *ll* laterale Schleife; *fnll* kreuzender Faserzug aus dem Kern der lateralen Schleife; *l* Hauptschleife; *p* Pyramidenbahn; *fv* Fasciculus verticalis pontis; *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *fbp* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum hinteren Brachium; *flp* hinteres Längsbündel; *fbp'* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion zum kontralateralen hinteren Brachium, über dem Aquaeductus Sylvii kreuzend.

In Fällen von Kleinhirndestruktionen degeneriert der mittlere Kleinhirnschenkel in absteigender Richtung; gleichzeitig findet sich

*) Die Brückenfasern des mittleren Kleinhirnschenkels umfassen nach *Thomas* vorwiegend das Stratum intermedium und Stratum profundum. Sie kommen wesentlich aus der kontralateralen, zum Teile aber auch aus der homolateralen Hälfte der Brücke. Andere Elemente dieses Schenkels entspringen in dem Grau der Haube der entgegengesetzten Seite. Sie ziehen zur Raphe, kreuzen hier und treten dann in verschiedene Schichten des mittleren Kleinhirnschenkels ein.

Atrophie im Brückengrau, vorzugsweise auf der entgegengesetzten Seite. Degenerationsversuche lassen ferner unschwer erkennen, dass der mittlere Schenkel ebensosehr zu der entsprechenden, wie zu der kontralateralen Brückenhälfte in Beziehungen steht. Der cerebrale (proximale) Brückenabschnitt enthält kreuzende, der kaudale vorwiegend ungekreuzte Fasern. Andere Elemente steigen als Fasciculus verticalis zur Haube empor und gelangen hier zur Kreuzung. Nach Durchschneidung des Pedunculus cerebelli medius konnte ich an in meinem Laboratorium gefertigten Präparaten von *A. Basilewski* degenerierte Fasern dieses Kleinhirnschenkels der Raphe entlang in die Brückenhaube hinein verfolgen und zwar dicht bis an den Nucleus reticularis der anderen Seite. *Pellizzi**) zeigte neuerdings, dass Zerstörungen des mittleren Kleinhirnlappens Degeneration im medialen Abschnitt des Pedunculus medius und in den tiefen Schichten der Brücke zur Folge haben. Nach alledem dürfte man erwarten, dass Ausschaltung von Teilen der Kleinhirnhemisphären vor allem Degeneration des lateralen Abschnittes des mittleren Schenkels und der peripheren Brückenfaserung hervorrufen müsste.

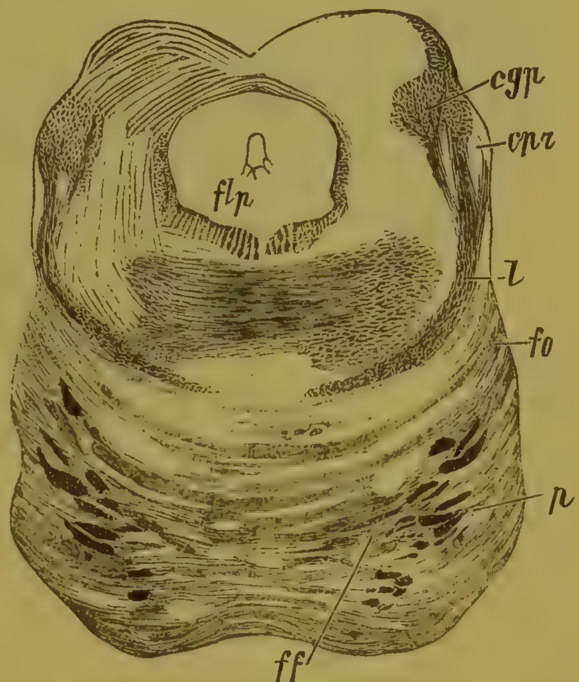



Fig. 378.
Querschnitt durch den hinteren Vierhügel eines dreimonatigen Kindes. *Pal.* *cgp* Kern des hinteren Vierhügels; *fo* laterale Hirnschenkelfasern mit beginnender Markscheidenentwickelung; *ff* mediale Hirnschenkelfasern mit beginnender Markscheidenentwickelung. Sonstige Bezeichnungen s. Fig. 210.

Ein besonderer, im vorhergehenden bereits genannter Faserzug geht, wie ich in einem Falle nach Beschädigung des mittleren (vielleicht mit Beteiligung des hinteren) Kleinhirnschenkels (*Marchi*-Methode) nachweisen konnte, aus dem Kleinhirn zum Trapezkörper und verläuft nach Kreuzung in der Raphe cerebralwärts in dem medialen Felde der Formatio reticularis über der Schleife. In der Gegend des roten Haubenkerns liegt der in Rede stehende Faserzug an dessen ventro-medialer Seite. Noch weiter proximal verbirgt er sich, wie es scheint, in dem Grau des dritten Ventrikels. Über sein sonstiges Verhalten sind weitere Ermittelungen abzuwarten.

In Beziehung auf die Faserrichtung des mittleren Kleinhirnschenkels

*) Rivista sperim. Vol. XXI, 1895.

sind mittelst der Degenerationsmethode bisher nur absteigend degenerierende Elemente in demselben aufgedeckt worden. Dahingegen weisen *Golgi*sche Untersuchungen auch auf das Vorkommen aufsteigender Bahnen hin. Die absteigenden Bestandteile des Pedunculus medius erscheinen an Silberpräparaten als Neuriten *Purkinje*scher Kleinhirnzellen; daneben aber kommen andere Fasern vor, die sich aus Neuriten von Brückenzellen entwickeln, ja nach Angabe von *Ramón y Cajal* bilden diese in dem mittleren Schenkel die Mehrzahl, was allerdings wenigstens in Bezug auf die höheren Säuger nicht zutreffend erscheint. An *Golgi*-Präparaten sieht man *Purkinje*sche Neuriten nach ihrem

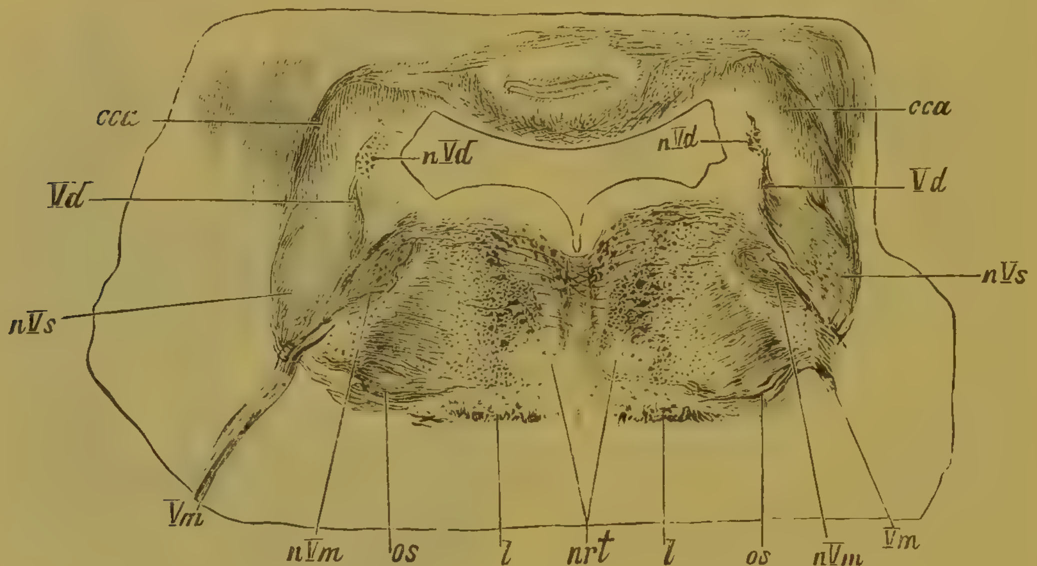



Fig. 379.

**Schnitt aus dem Gehirn einer 9monatigen menschlichen Frucht.** *cca* vorderer Kleinhirnschenkel; *Vd* Radix descendens trigemini; *nVs* sensorischer Kern des Trigeminus; *Vm* motorische Trigeminuswurzel; *nVm* motorischer Kern des Trigeminus; *os* Oliva superior; *l* Schleifenschicht; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *nVd* bläschenförmige Ursprungszellen der absteigenden Trigeminuswurzel. Behandlung nach *Weigert*.

Eintritte in die Brücke sich kreuzen, worauf ein Teil von ihnen vertikal zur Haube emporsteigt und in Längsfasern der Formatio reticularis übergeht.

Die absteigenden Elemente des mittleren Schenkels entsprechen wahrscheinlich dessen spinalem, die aufsteigenden dessen cerebralem Bündel. Hiernach würden in dem mittleren Schenkel einerseits Impulse der kontralateralen Endhirnhemisphäre durch den Fasciculus cerebralis dem Kleinhirn, andererseits solche des Kleinhirnes durch den Fasciculus spinalis dem Brückengrau bezw. den Kernen der Formatio reticularis zufliessen. In Übereinstimmung mit diesem Satze fand *Mingazzini* bei neugeborenen Geschöpfen nach Abtragung einer Kleinhirnhemisphäre Degeneration des Grosshirnschenkels auf der nämlichen und Atrophie des Kleinhirnschenkels und Kleinhirns auf der entgegengesetzten Seite. Ähnliche Befunde werden von *Langley*

und *Grünbaum* mitgeteilt. An Präparaten von *Herwer* (*Marchi*-Methode), welcher unter meiner Leitung das laterale Bündel des Hirnschenkelfusses einer speciellen Experimentaluntersuchung unterwarf, sah ich dieses Bündel nach Beschädigung der Schläfen- und Hinterhauptrinde konstant in Degeneration übergehen. Die Degeneration breitete sich in diesen Fällen auch auf den kontralateralen mittleren Kleinhirnschenkel aus. Auch bei dem Menschen ist nach veralteten unilateralen Grosshirndestruktionen Atrophie des Hirnschenkels, des kontralateralen hinteren Kleinhirnarmes und der kontralateralen Kleinhirnhemisphäre wiederholt beobachtet worden. Der erwähnten Leitungseinrichtung würde ein Fasersystem entsprechen, welches in der Vorderhirnrinde entspringend im medialen und lateralen Felde des Hirnschenkelfusses weiterzieht und nach Unterbrechung in den Brückenganglien durch den mittleren Schenkel des Kleinhirns dessen Rinde erreicht.

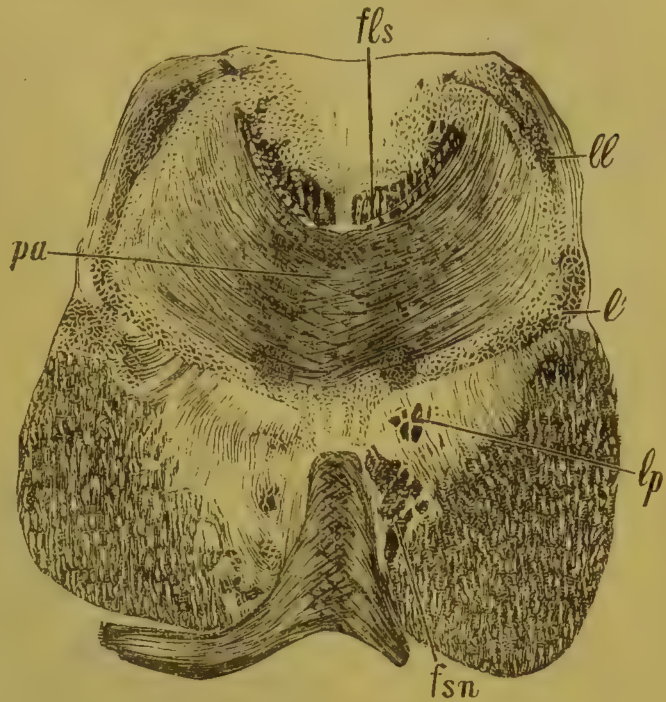



Fig. 380.
Querschnitt durch den Gehirnstamm im hinteren Teile der Grosshirnschenkel. *pa* vorderer Kleinhirnschenkel; *fsn* Hirnschenkelfasern zur Schleife, in der medialen oder Pedunculusschleife weiterziehend. Weitere Bezeichnungen s. Fig. 302.

Nach einer von *Mingazzini* und anderen Forschern vertretenen Ansicht soll durch den Pedunculus cerebelli medius im Vereine mit Elementen des lateralen und medialen Feldes der Hirnschenkelbasis eine kreuzweise Verbindung des Kleinhirns mit der Vorderhirnrinde hergestellt werden, und zwar sowohl für die centripetale, wie




Fig. 381.
Schrägschnitt durch den Gehirnstamm von oben-hinten nach vorn-unten, von einem einige Wochen alten Kinde. *fc* centrale Haubenbahn; *crca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel. Weitere Bezeichnungen s. Fig. 280.

für die centrifugale Leitung. Allein es finden sich centripetale Bahnen weder in dem lateralen, noch in dem medialen Teile des Hirnschenkelfusses, vielmehr sind hier nur absteigende Systeme bekannt. Mit Rücksicht hierauf kann jener Satz von *Mingazzini* u. A., soweit derselbe die Verbindung des Kleinhirns durch centripetale Hirnschenkelfasern mit der Endhirnrinde betrifft, nicht als zutreffend bezeichnet werden.

Der vordere Kleinhirnschenkel (3 Fig. 382; Fig. 379 *cca*; Fig. 380 *pa*) erleidet unter der Vierhügelplatte eine Kreuzung seiner Elemente. Bezüglich seiner Ursprungsverhältnisse ist eine Einigung

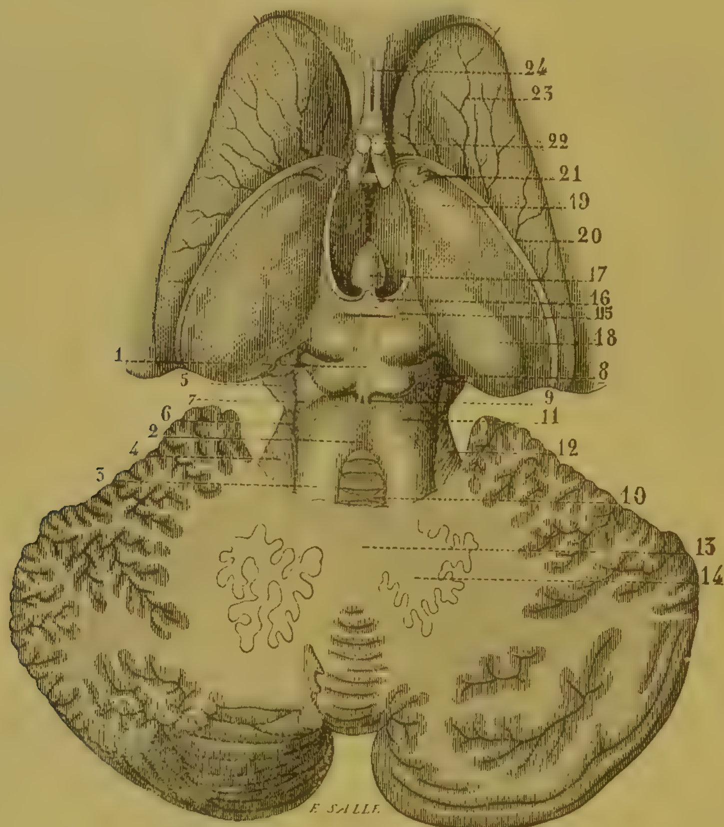



Fig. 382.

Hirnstamm von oben gesehen, vorn in Verbindung mit dem Streifenhügel, hinten bedeckt von dem horizontal halbierten Kleinhirn. Nach *Sappey*.

1 Vierhügel; 2 Velum medullare anterius, bei 10 bedeckt von den Querwülsten der Lingula; 3 vorderer Kleinhirnschenkel; 4, 12 Brückenschenkel des Kleinhirns; 5 Endhirnschenkel; 6 Sulcus lateralis mesencephali; 7 Schleife; 8 Corpus geniculatum mediale; 9 Frenulum veli medullaris anterioris; 10 Lingula; 11 vorderes Ende der vorderen Kleinhirnschenkel, unter den Vierhügeln verschwindend; 13 Markkern des Kleinhirns; 14 Nucl. dentatus cerebelli; 15 Commissura posterior; 16 Pedunculi conarii; 17 Zirbel, nach vorne umgeschlagen; 18 Pulvinar; 19 Tuberculum anterius thalami; 20 Stria terminalis; 21 Vena corporis striati; 22 Columnae fornicis, dazwischen Commissura anterior; 23 Corpus caudatum; 24 Septum pellucidum mit Ventriculus septi pellucidi.

bisher nicht erzielt worden. Während die Einen diesen Faserzug von der gesamten Kleinhirnrinde ableiten, führen ihn die Anderen ausschliesslich auf das Mark des Corpus dentatum zurück. Doch stimmt weder die eine, noch die andere Darstellung mit den thatsächlichen Verhältnissen überein, vielmehr erweist es sich, dass der Pedunculus cerebelli anterior teils in der Kleinhirnrinde und zwar hauptsächlich

im Gebiete des Wurmes und seiner Umgebung, teils in den centralen Kernen des Kleinhirns, dem Nucleus fastigii, Nucleus globosus und Corpus dentatum, seinen Ursprung hat.

In dem vorderen Kleinhirnschenkel unterscheide ich auf Grundlage seiner Entwickelung vier verschiedene Faserzüge (Fig. 383 $pc_I$, $pc_{II}$, $pc_{III}$, $pc_{IV}$). Einer davon (Fig. 383 $pc_{IV}$), in der mittleren Brückengegend ventral von den übrigen gelegen, entwickelt sich sehr frühzeitig und erscheint schon bei 28 cm Foetuslänge markweiss (Fig. 384 *fv*). Ein zweiter Faserzug findet sich in dorsaler Lage

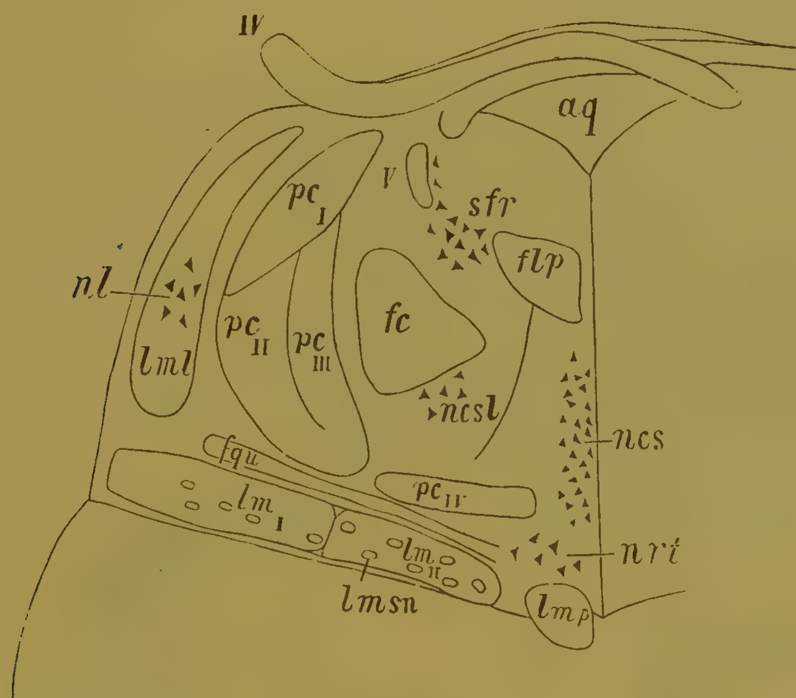



Fig. 383.

Schematisches Querschnittsbild der Schleife und des vorderen Kleinhirnschenkels. $pc_I$ dorsales, $pc_{II}$ mittleres, $pc_{III}$ mediales, $pc_{IV}$ ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *fc* centrale Haubenbahn; *fqu* Faserzüge aus der hinteren Vierhügelgegend zum Nucl. reticularis tegmenti. Sonstige Bezeichnungen s. Fig. 198.

(Fig. 383 $pc_I$ ) und ummarkt sich erst bei Embryonen von ca. 33 cm Länge (Fig. 384 *fd*). Hieran schliesst sich, zwischen den genannten Bündeln liegend, ein Faserzug (Fig. 383 $pc_{II}$), welcher bei Früchten von 35—38 cm Länge sich mit Mark bekleidet (Fig. 385 *fm*). Der vierte Faserzug endlich (Fig. 383 $pc_{III}$) liegt teils zwischen den Elementen der übrigen, teils nach innen davon; er wird zu allererst beim Neugeborenen myelinhaltig angetroffen (Fig. 386 *fi*) und ist vor den übrigen Bestandteilen des vorderen Kleinhirnschenkels, wenigstens an dem jugendlichen Hirn, durch den Besitz feinerer Elemente ausgezeichnet. Das angegebene topographische Verhalten entspricht wie erwähnt nur der mittleren Brückengegend; im übrigen kommen beträchtliche Lageveränderungen mit teilweisem Faseraustausche vor.

Das ventrale Bündel ($pc_{IV}$ Fig. 383) besitzt keine näheren Beziehungen zum kleinen Gehirn, sondern bildet, wie schon früher erwähnt wurde, eine Kommissur zwischen den von mir beschriebenen Kernen des Ramus vestibularis acustici am lateralen Winkel der Rautengrube. Proximalwärts zieht es zu der oberen Brückengegend, verlässt hier den vorderen Kleinhirnschenkel und überschreitet etwas hinter der Kreuzung des letzteren nach Art einer Kommissur die Mittellinie (Fig. 387 *fv*).




Fig. 384.
Aus einem Querschnitt zwischen hinterem Vierhügel und Kleinhirn von einem menschlichen Foetus. *fd* dorsales, *fm* mediales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels. Sonstige Bezeichnungen s. Fig. 326.

Das dorsale Bündel des Pedunculus cerebelli anterior (Fig. 383 $pc_I$) hängt im Kleinhirn hauptsächlich mit dem Dachkern und hierdurch mit der homolateralen Hälfte der Oberwurmrinde (Fig. 388 *fd*, *fnt*) zusammen. Nach Durchtritt durch die allgemeine Kreuzung wenden sich seine Elemente cerebralwärts dem roten Hau-




Fig. 385.
Aus einem Querschnitt zwischen Kleinhirn und hinterem Vierhügel von einem 44 cm langen menschlichen Foetus. *fd* dorsales, *fm* mittleres, *fv* ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels. Sonstige Bezeichnungen s. Fig. 231.

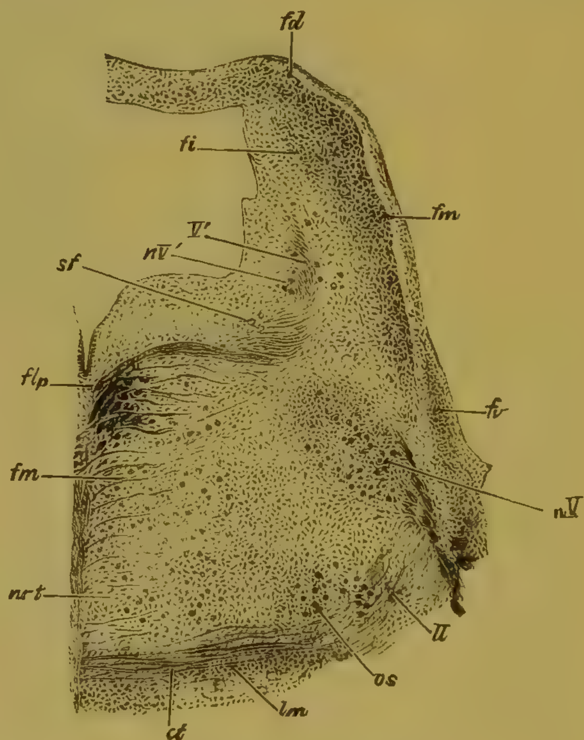



Fig. 386.
Aus einem Querschnitt zwischen Kleinhirn und hinterem Vierhügel eines reifen Neugeborenen. *ct* Trapezkörper; *nV* motorischer Kern des Trigeminus; *nV'* bläschenförmige Zellen der absteigenden Trigeminuswurzel; *fm* dorsale Faserzüge der Formatio reticularis. Sonstige Bezeichnungen s. Fig. 385.

benkern zu. Hier scheint eine Unterbrechung derselben stattzufinden, denn bei Embryonen von 35—38 cm Länge, wo das dorsale Bündel bereits markweiss erscheint, werden unmittelbar vor dem roten Kern markhaltige Fasern vermisst.

Der dritte, mittlere Faserzug des vorderen Kleinhirnschenkels (Fig. 383 $pc_{II}$) verteilt sich im Kleinhirn, wie Serienschnitte von Embryonen erkennen lassen, im wesentlichen auf den Nucleus globosus und den Embolus. Da diese Kerne ihrerseits mit der gleichseitigen Hälfte der Rinde des Vermis superior und deren Nachbargebieten unmittelbar zusammenhängen (Fig. 388 *fng*), so gewinnt das in Rede stehende Bündel Beziehungen zu der Rinde des kleinen Gehirnes bezw. des Oberwurmes. Ein Teil seiner Fasern gelangt vielleicht sogar unmittelbar zur Kleinhirnrinde.

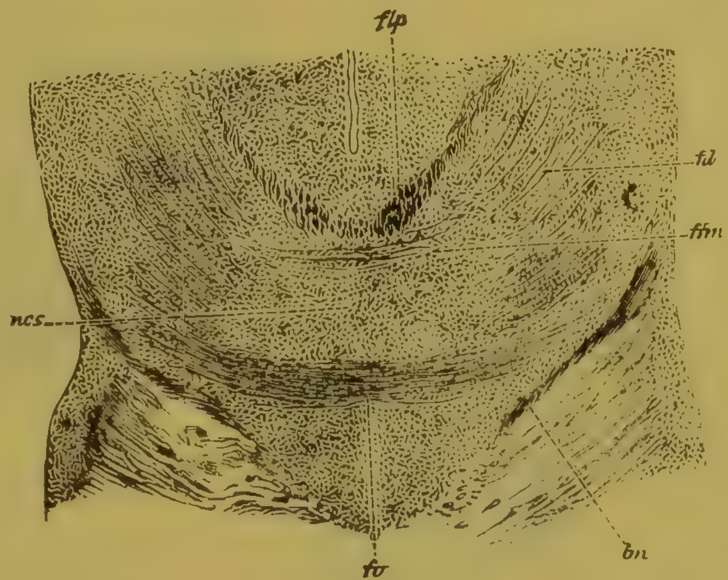



Fig. 387.
Teil eines Querschnittes durch den hinteren Vierhügel eines 33 cm langen Foetus. *fd* vorderer Kleinhirnschenkel; *fv* ventrales Bündel desselben. Weitere Bezeichnungen s. Fig. 327.

Der Ursprung des vierten Faserzuges endlich (Fig. 386 *fi*) liegt teils in der Rinde des Cerebellum, teils im Corpus dentatum.

Nach vollendeter Kreuzung (Fig. 380 *pa*) strahlt der vordere Kleinhirnarm in den Nucleus ruber ein. Ein Teil seiner Elemente verästelt sich um Zellen dieses Kernes (Fig. 389), ein anderer geht offenbar unmittelbar zu der ventro-distalen Region des Sehhügels (Fig. 390). Mit der Methode von *Marchi* ist ausserdem ein kontinuierlicher Zusammenhang mit dem kontralateralen Oculomotoriuskern darstellbar.*)

Nach totaler oder partieller Abtragung einer Grosshirnhemisphäre beim Hund oder bei der Katze, sowie in Fällen von Destruktion des Vorderhirns bei dem Menschen wird neben Degeneration in der inneren Kapsel und Atrophie der basalen Ganglien Faserschwund im lateralen Abschnitte des roten Haubenkernes und sekundäre Atrophie des kontralateralen vorderen Kleinhirnschenkels beobachtet. Letzterer hängt hiernach kreuzweise mit dem Vorderhirn zusammen, jedoch nicht

*) *Klimow*, Wratsch 1896 No. 37. Das Kleinhirn besitzt wahrscheinlich auch zu den übrigen Augenmuskelkernen Beziehungen, doch sind die betreffenden Bahnen noch ungenügend erforscht.

direkt, sondern durch das Bindeglied des Nucleus ruber und höchstwahrscheinlich auch anderer Kerne der Gehirnbasis, zu denen vor allem der Thalamus und vielleicht der Globus pallidus gehören. Das dorsale und ventrale Mark des roten Kernes befindet sich mit den ventralen und zugleich am meisten distal gelegenen Gebieten des Sehhügels im Zusammenhange (*v. Monakow*). Als Teile der Grosshirnrinde, zu denen der vordere Kleinhirnarm Beziehungen hat, kommen nach Angabe *v. Monakows* die Parietalwindungen, der Klappdeckel und die Insel in Betrachtung.




Fig. 388.
Aus einem Querschnitt durch Kleinhirn und verlängertes Mark eines 44 cm langen menschlichen Foetus. Bezeichnungen wie in Fig. 372.

Die Frage, ob alle Elemente des Pedunculus anterior zur Kreuzung gelangen, wird gegenwärtig im verneinenden Sinne beantwortet. Ausser den genannten Kommissurenfasern zwischen beiden Nuclei vestibulares entzieht sich der Kreuzung ein kleiner Faserzug, welcher direkt dem gleichseitigen Thalamus zustrebt (*Marchi*).*)

*) Nach *Mahaims* Degenerationsversuchen ist innerhalb des Nucleus ruber ein Kern — Nucleus minimus — mit besonderen Nervenzellen zu unterscheiden. Jenes von *Marchi* beschriebene ungekreuzte Bündel entstammt diesem Teile des Nucl. ruber und erhält vielleicht einen Faserzuwachs aus dessen zerstreuten Elementen. Ein grosser Teil der kreuzenden Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels kommt aus dem mittleren Abschnitt des roten Kerns, eine kleine Anzahl aus den auffallend grossen Nervenzellen in dessen distalem Abschnitt. Durchtrennung des vorderen Kleinhirnschenkels bedingt nicht nur Atrophie des Nucleus dentatus, sondern auch diffuse Atrophie der gesamten kontralateralen Kleinhirnhemisphäre *(Forel)*.

Was die Richtung der Elemente des Pedunculus anterior betrifft, so wird in Fällen von Herderkrankungen vorzugsweise aufsteigende, cerebello-fugale Degeneration beobachtet, doch ist auch ein absteigend degenerierendes Bündel nachgewiesen.*) Bestätigung findet dieser Satz in den Ermittelungen *Helds*, denen zufolge der vordere Kleinhirnschenkel mit der Hauptmasse seiner Fasern in Zellen des Nucleus dentatus entspringt, mit einer kleineren aus dem roten Kern und Vierhügel stammenden Anzahl aber in jenem endigt. In voller Übereinstimmung hiermit fand *Ramón y Cajal* beim Meerschweinchen nach Abtragung einzelner Teile der Kleinhirnrinde und bei Anwendung des Verfahrens von *Marchi* unter anderem degenerierte Fasern in dem gleichseitigen vorderen Kleinhirnschenkel und konnte solche durch die Kreuzung hindurch in den Thalamus hinein verfolgen. Die Elemente des in Rede stehenden Schenkels fasst dieser Autor ebenfalls im Einklange mit den Degenerationsbefunden und gestützt auf *Golgi*sche Untersuchungen teils als Neuriten von Zellen der centralen Kleinhirnkerne, insbesondere des Nucleus dentatus auf, teils sind es Abkömmlinge des roten Haubenkernes, die im Nucleus dentatus endigen.**)

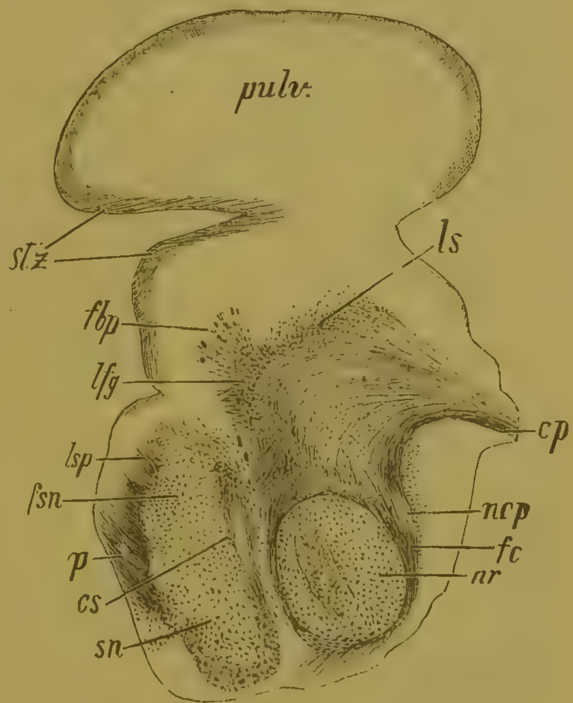



Fig. 389.
Schnitt durch das Gehirn eines einige Wochen alten Kindes in der Gegend des roten Haubenkerns. *nr* Nucleus ruber; *fc* centrale Haubenbahn; *ncp* Nucleus commissurae posterioris; *cp* Commissura posterior. Weitere Bezeichnungen s. Fig. 316.

Von den die Kleinhirnschenkel betreffenden Degenerationsbefunden wären hier noch diejenigen der letzten Jahre kurz anzuführen.

*Marchi* ***) beobachtete nach Entfernung einer Kleinhirnhälfte

---

*) *Mendel*, Neurolog. Centralbl. 1885. Dasselbe ist auch von mir in einem Falle gefunden worden (Obosrenye psichiatrii 1896 No. 8 und Archiv f. Psychiatrie 1897). Nach Atrophien oder veralteten Affektionen des Kleinhirns beobachtet man für gewöhnlich Atrophie des vorderen Schenkels und des entgegengesetzten Nucleus ruber, zuweilen auch des Pulvinar thalami (*Kramer* a. a. O.).

**) Da, wo sie die Oberfläche der Varolsbrücke erreichen, entsenden die Elemente des mittleren Kleinhirnschenkels nach *Ramóns* schon erwähnten Befunden absteigende Äste, die sog. laterale absteigende Kleinhirnbahn. Dieselbe verläuft in der Formatio reticularis dicht medial von der *Rolando*schen Substanz bis zur Olivengegend und ist distal davon nicht mehr nachweisbar.

***) Rivista di freniatria Vol. XVII.

1. Degeneration des vorderen und totale Entartung des mittleren Kleinhirnschenkels; einige Fasern des letzteren sollen sich zur Schleife gesellen und mit dieser zum Vorderseitenstrang des Markes herabsteigen. 2. Degeneration der Trigeminuswurzeln, 3. der Schleife, 4. des hinteren Längsbündels auf beiden Seiten. 5. Degeneration eines Faserzuges dorsolateral von dem vorderen Schenkel (Fasciculus antero-lateralis?). 6. Degeneration des hinteren Schenkels und des Corpus restiforme, endlich 7. Degeneration der zu der kontralateralen Olive hinziehenden äusseren Bogenfasern. — Im Anschlusse an totale Kleinhirnabtragung traten die nämlichen Erscheinungen, aber beiderseitig, auf. Wurde aber nur der mittlere Lappen entfernt, so erwiesen sich als degeneriert: 1. Der vordere Schenkel (partiell); 2. der grösste Teil der Schleife; 3. das dorsale Längsbündel; 4. die Wurzeln des Oculomotorius und Fasern des Tractus opticus; 5. Elemente des mittleren Schenkels; 6. der laterale Abschnitt des hinteren Schenkels; 7. ein Teil der Trapezfaserung und 8. Fasern von Gehirnnerven, insbesondere des Oculomotorius, Trigeminus, Acusticus und Hypoglossus.

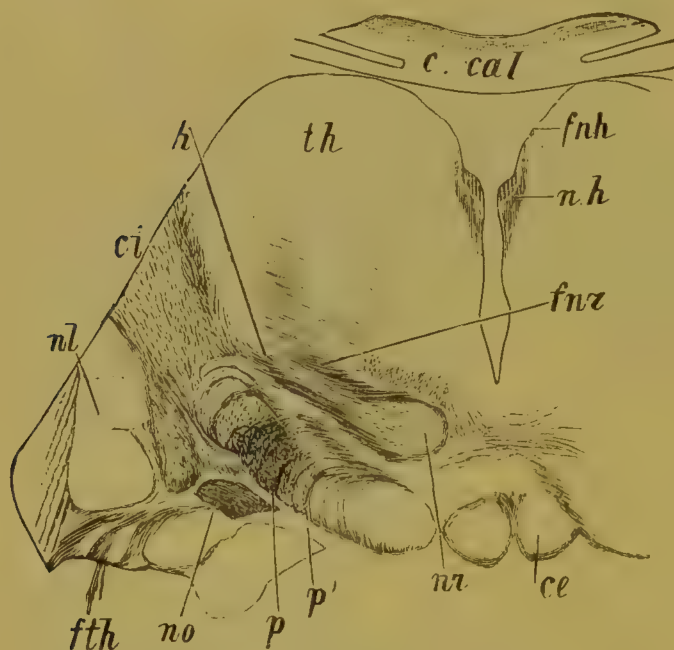



Fig. 390.
Schnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns von einem $2\frac{1}{2}$—3 monatigen Kinde. *nr* Nucleus ruber; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel. Weitere Bezeichnungen s. Fig. 305.

*R. Russel**) beschreibt als Folge von Entfernung einer Kleinhirnhälfte Degeneration sämtlicher Schenkel auf der nämlichen und des vorderen Schenkels auf der anderen Seite. Die Entartung des homolateralen Crus anterius erreichte den entgegengesetzten Nucleus ruber und Thalamus, die des kontralateralen verlief distalwärts durch die mittleren Teile des kleinen Gehirnes zu der Läsionsstelle. In dem mittleren Schenkel ging die Degeneration zu den kontralateralen Brückenganglien; doch konnten degenerierte Fasern aus der Brücke zur Schleife, zu dem dorsalen Längsbündel, zum Fasciculus anterolateralis oder zum Corpus striatum, wie solches von *Marchi* gemeldet wird, nicht bestätigt werden. Entartete Fasern des distalen Schenkels

---

*) Proceeding of the R. Soc. Vol. LVI, 33.

erreichten für gewöhnlich die laterale Gegend der Oblongata und zeigten unterhalb der sensorischen Kreuzung nicht mehr den Charakter eines gesonderten Bündels. Sie zogen zu beiden Oberoliven hin. Vereinzelte Elemente waren in den antero-lateralen Abschnitt des Halsmarkes zu verfolgen. Weiter distal waren Zeichen von Degeneration nicht bemerkbar; auch fehlte eine solche der Hirnnervenwurzeln, im Gegensatze zu *Marchis* Beobachtungen. Die von letzterem Autor geschilderte Entartung des absteigenden Fasciculus antero-lateralis oder antero-marginalis wird durch gleichzeitige Beschädigung der *Deiters*schen oder Hinterstrangkerne erklärt.

*Ferrier* und *Turner* *) beschreiben im Anschlusse an partielle und totale Kleinhirnzerstörung Degeneration des vorderen Schenkels auf der Seite des Eingriffes, Atrophie seiner einzelnen Bündel, Faserschwund im Gebiete des kontralateralen Nucleus ruber und Atrophie der Bahnen dieses Kernes zum Thalamus. Wie letztere sich zur Hirnrinde fortsetzen, vermochte nicht eruiert zu werden. Im Gebiete des mittleren Schenkels zeigte sich nach gänzlicher Ausschaltung des kleinen Gehirnes ausserordentlich prägnante Atrophie der gesamten Brückenquerfaserung. Zugleich erschienen die Brückenganglien beiderseits atrophisch. Aus Versuchen mit einseitiger Zerstörung ergab sich, dass der mittlere Schenkel in der Brücke totale Kreuzung erleidet und in das kontralaterale Brückengrau eintritt. Die Degenerationen des hinteren Schenkels waren verschieden, je nach dem Orte der Beschädigung des Kleinhirnes. Zerstörung der Hemisphären führte zu Entartung in dem lateralen, solche des mittleren Lappens zu Entartung in dem medialen Felde dieses Schenkels. Da mit letzterem gleichzeitig der *Deiters*sche Kern atrophisch erschien, so wird in diesem Falle auf den Fasciculus cerebello-spinalis hingewiesen, in dessen Bahn jener Kern eingeschaltet ist; dagegen entspreche dem lateralen Felde die centrifugale Kleinhirnolivenbahn. Im Marke wurden auch bei völliger Destruktion des Kleinhirns degenerative Veränderungen vermisst, doch waren solche stets zugegen, wenn Zelldegeneration im *Deiters*schen Kern vorlag. Nach Durchschneidung des vorderen Schenkels degenerierte ein Faserzug aufwärts durch das Marksegel bis zum Kleinhirn, wohl die centrale Bahn des Fasciculus antero-lateralis. Isolierte Zerstörung der Hinterstrangkerne endlich führte zu aufsteigender Faserentartung sowohl in der Schleife, wie im Corpus restiforme; auch der direkte Zusammenhang des Nucleus cuneiformis mit dem kleinen Gehirn konnte eruiert werden.

*Pellizzi* **) fasst die Ergebnisse seiner Untersuchungen wie folgt zu-

*) Philosophic. transactions Bd. CLXXXV.
**) Rivista sper. di freniatria. Vol. XXI, 1895.

sammen. Nach Läsionen des mittleren Kleinhirnlappens zeigen Degenerationserscheinungen 1. der vordere Schenkel und der Fasciculus antero-lateralis; 2. das mediale Feld des mittleren Schenkels mit den Fasern des Stratum complexum und profundum der Brücke; 3. die Pyramidenbahn; 4. die Schleife; 5. der Trapezkörper, endlich 6. das Corpus restiforme nebst den Fibrae cerebello-olivares, den äusseren Bogenfasern und der direkten Kleinhirnbahn. Die sonstigen Degenerationen waren entweder zufälliger Art oder durch gleichzeitige Beschädigung von Nachbarkernen bedingt. Der absteigende Fasciculus antero-marginalis fand sich ebenfalls entartet. Eine weitere Degeneration ging längs dem Vorderrande des Vorderstranges abwärts.

Von den Ermittelungen *Biedls**) und denen aus meinem Laboratorium hervorgegangenen *Basilewskis***) ist das wesentliche schon an früheren Orten angegeben worden. Die Ergebnisse des letztgenannten Autors sind späterhin durch *Thomas****) vollauf bestätigt worden.

*Thomas*†) behandelt in ausserordentlich umfassender und genauer Weise die Verbindungen des Kleinhirns. Hier können nur die wesentlichsten Ergebnisse seiner mit der Degenerationsmethode und der *Marchi*schen Schnittbehandlung gewonnenen Befunde kurz zusammengefasst werden.

Im Gegensatze zu *Ferrier*, *Turner* u. A. erklärt sich *Thomas* mit *Marchi* für das Vorhandensein absteigender Kleinhirnbahnen von annähernd dem gleichen Verlauf, wie ihn *Marchi* beschrieben. Sie kommen nach *Thomas* aus dem Corpus dentatum her, die Degeneration derselben steht daher in Abhängigkeit von dem Grade der Beschädigung dieses Kerns. Ferner hält *Thomas* den Zusammenhang der centralen Kleinhirnkerne mit dem *Deiters*schen Kern und meinem Nucleus vestibularis für positiv feststehend, wobei an Zahl Fasern überwiegen, welche die gleichseitigen Kleinhirnkerne mit den letztgenannten Ganglien verknüpfen. In dem Corpus dentatum erblickt er einen Schaltkern in der Bahn der aus dem Cerebellum austretenden Fasern (fibres efferentes). Die zu dem Rückenmarke verlaufenden Kleinhirnbahnen gehen durch den hinteren, die proximalwärts verlaufenden durch den oberen Schenkel. — Von dem vorderen Kleinhirnschenkel lässt er nach den Degenerationsbefunden einen grossen Teil im roten Kern endigen, doch verlaufen die Degenerationen noch über diesen Kern hinaus im Gebiete der inneren Kapsel bis zur Höhe der Thalami, wo sie vor allem an dem centralen Kern *Monakows*, aber auch an dem hinteren Teil des

---

*) Neurol. Centralbl. 1895, No. 10 und 11.

**) Inaug.-Dissert. Petersburg 1896.

***) Comptes rendues de la Soc. de Biologie 1896, No. 20.

†) Le cervelet etc. Paris 1897.

Nucleus medianus von *Monakow* halt machen. Der vordere Kern dagegen nimmt keine, der Nucleus medianus von *Luys* vielleicht wenige Elemente des vorderen Schenkels auf. Oberhalb des Sehhügels ist es *Thomas* in keinem einzigen Fall gelungen, mittlere Kleinhirnschenkelfasern zum Linsenkern oder zur Endhirnrinde zu verfolgen. Ausser aufsteigenden Elementen nimmt er in dem mittleren Schenkel ein absteigendes Bündel an, welches in dem Nucleus reticularis tegmenti pontis endigt. In Beziehung auf den Ursprung des mittleren Kleinhirnschenkels zieht *Thomas* aus seinen Experimenten den Schluss, dass alleinige Beschädigung der Hemisphärenrinde des Cerebellum keine merkliche Degeneration des vorderen Schenkels zur Folge hat. Wohl aber ist letzteres stets der Fall nach Beschädigungen des Corpus dentatum, und zwar richtet sich die Stärke der Degeneration nach dem Grade der Beschädigung. Ein Teil der Elemente des vorderen Schenkels entspringt möglicherweise in dem Dachkern. Nach halbseitiger Kleinhirnabtragung beobachtete *Thomas* beiderseitige Degeneration eines von ihm als Fasciculus retropeduncularis bezeichneten Faserzuges. Dieses Bündel liegt in einer kleinen Einsenkung an dem Lateralrande des oberen Teiles des vorderen Kleinhirnschenkels und endigt in jener grauen Substanz, welche letzteren von dem Faisceau encrochet trennt, geht also nicht über die Kreuzung des vorderen Schenkels proximalwärts hinaus. Degeneration desselben tritt vorwiegend auf der beschädigten und nur in geringem Grade auf der dem Eingriffe entgegengesetzten Seite auf. — Beiderseitig entartet findet sich endlich nach Hemiexstirpation des Kleinhirns auch der Faisceau encrochet. Letzterer geht bogenförmig um den vorderen Schenkel ähnlich dem *Gowers*schen Bündel, an dessen lateraler Seite er sich befindet, dringt dann zwischen Corpus restiforme und Radix descendens trigemini ein und gesellt sich weiter unten zu dem Fasciculus cerebello-vestibularis. Er degeneriert bilateral nach halbseitiger Kleinhirnabtragung. Degeneration desselben nur kontralateral, wie dies *Russel* und andere beobachtet, hängt nach *Thomas* mit Unvollständigkeit des Eingriffes zusammen. Bleibt die Kreuzung beider Bündel erhalten, so entartet der Faisceau encrochet der beschädigten Seite. Da jene Kreuzung unterhalb der halben Höhe des Wurmes erfolgt, so wird bei Beschädigungen der unteren Kleinhirnhälfte in der Regel Degeneration des Bündels auf der entgegengesetzten Seite beobachtet. Diese Degeneration tritt nie nach reinen Rindenläsionen am Cerebellum auf, sondern nur, wenn das Corpus dentatum lädiert ist. Auch aus dem Dachkern scheint das Bündel einen Teil seiner Fasern zu beziehen. Zu dem Wurme dagegen dürften keinerlei Beziehungen bestehen, da Zerstörung des Lobus lateralis ohne Wurm zu gleich vollständiger Degeneration führt, wie halbseitige Exstirpation des Kleinhirns. — Was das Verhalten des kleinen Gehirnes zur Brücke anlangt,

so bedingen Kleinhirnbeschädigungen nach *Thomas'* Untersuchungen wenig auffallende Degeneration des mittleren Schenkels. Ja auch halbseitige Exstirpation des Cerebellum hat nur Degeneration eines kleinen Faseranteiles dieses Schenkels zur Folge, welcher daher, wie *Thomas* schliesst, zum grössten Teil eine von der Brücke zum Kleinhirn gehende Richtung besitzt. Degeneration des mittleren Schenkels wird nur auf der gleichen Seite beobachtet. Der Ursprung der absteigenden Elemente des Pedunculus medius ist in der Cerebellumrinde zu suchen.

*Klimow**) kommt auf Grundlage einer ganzen Reihe von Experimenten (Beschädigung verschiedener Teile des Kleinhirns und Anwendung der *Marchi*-Methode) zu folgenden Schlusssätzen: 1. Das Corpus restiforme führt aller Wahrscheinlichkeit nach nur Centripetalfasern. Der dorsale Teil desselben wird gebildet von Fasern, die an den Hinterstrangkernen entstehen (unmittelbar aus diesen Kernen hervorgehende Elemente giebt es nicht nach Ansicht des Autors) und hat im Cerebellum ein anderes Verbreitungsgebiet, als der ventrale Teil, der eine unmittelbare Fortsetzung verschiedener Fibrae arciformes externae anteriores darstellt. In dem medialen Abschnitt des hinteren Schenkels verlaufen keine Centripetalfasern zum kleinen Gehirn. 2. Der mittlere Kleinhirnschenkel besteht, wenn nicht ausschliesslich, so vorwiegend aus Centripetalfasern. Dieselben entspringen grösstenteils in dem kontralateralen Brückengrau und endigen grösstenteils in der Hemisphäre und im Flocculus. 3. Der vordere Schenkel des Kleinhirns enthält anscheinend nur centrifugale bezw. cerebello-cerebrale Elemente, die ausschliesslich aus dem gezahnten Kern herzukommen scheinen. Aus der seitlichen Vorwölbung des Nucleus dentatus begeben sich, wie der Verfasser aus den einzelnen Versuchen ableitet, Fasern zu dem mittleren Teil des vorderen Schenkels; Degeneration des oberen Drittels des letzteren hängt zusammen mit Läsion der vorderen-oberen, Degeneration des unteren Teiles des Pedunculus anterior mit solcher der unteren-hinteren Prominenz des Nucleus dentatus. Die Elemente des vorderen Schenkels gehen nach des Verfassers Befunden ausserhalb des Cerebellum eine totale Kreuzung ein und finden ihre Hauptendstätte in dem anderseitigen roten Kern, ohne die Grenze dieses Kernes cerebralwärts zu überschreiten. In drei Versuchen sah der Verfasser allerdings einige degenerierte Elemente des vorderen Schenkels nach geschehener Kreuzung in bogenförmigem Zuge jenseits des roten Kerns nach oben verlaufen und in den hinteren Teil des kontralateralen Oculomotoriuskerns eintreten. Eine geringe Anzahl dieser Fasern gelangt auch zu den gleichseitigen Kernen des Oculomotorius. — Zu erwähnen wäre hier, dass nach des Verfassers Experimenten der Fasci-

*) Die Leitungsbahnen des kleinen Gehirns. Dissert. (russisch). Kasan 1897.

culus antero-marginalis von *Löwenthal* nicht im Kleinhirn, sondern in dem *Deiters*schen Kern entspringt und dass ferner das intermediäre System *Löwenthals* den genannten Versuchen zufolge nicht zu den centrifugalen Kleinhirnbahnen gehört, sondern eine absteigende Bahn des gleichseitigen hinteren Vierhügelganglions darstellt. — Die sagittalen Fasern des Wurmes erklärt Verfasser als ein centrifugales Kleinhirnsystem. Sie kommen aus allen Windungen eines gegebenen Lappens, nehmen in dem Mark des letzteren annähernd parallelen Verlauf an und endigen in den Dachkernen. Eine Kreuzung in der Mittellinie scheint dabei nicht zu bestehen. Den Sagittalfasern jedes einzelnen Kleinhirnlappens entspricht im Dachkern ein ganz bestimmtes Zellterritorium als Endigungsstätte. Ein Teil der Sagittalfasern des Wurmes endigt übrigens nicht in dem Dachkerne der gleichen Seite, sondern wendet sich lateralwärts und steigt, zu mächtigen Bündeln vereinigt, gegen die Seitenteile des centralen Markkernes abwärts. Diese von dem Verfasser wegen ihres Aussehens als „wurzelförmige“ bezeichneten Bündel verlaufen inmitten der Zellelemente des medialen Teiles des gezahnten Kernes, schliessen sich weiterhin der medialen Seite des Corpus restiforme an und endigen zwischen den grossen Nervenzellen des *Deiters*schen Kerns. Sie kommen ebenfalls aus der gleichseitigen Hälfte des Wurmes her und endigen im *Deiters*schen Kern, ohne abwärts zum Rückenmarke zu verlaufen.

Vergleicht man nun alle soeben aufgeführten Befunde miteinander, so ergiebt sich eine Reihe nicht unbeträchtlicher Widersprüche zwischen den verschiedenen Beobachtern. Eine Kritik derselben wäre nur möglich an der Hand ganz detaillierter experimenteller Nachprüfungen. Immerhin erscheint die Kenntnisnahme dieser Untersuchungen hier von Bedeutung, weil jede derselben nach der einen oder anderen Richtung, insbesondere aber im Zusammenhange mit unseren obigen Darlegungen über die Faserungsverhältnisse des Kleinhirns, sehr wertvolle Aufschlüsse darbietet.

Einer weit verbreiteten, auf *B. Stilling* zurückgehenden Darstellung zufolge sollen die Ursprünge der drei Kleinhirnschenkel sich gleichmässig auf das gesamte Grau des Cerebellum verteilen. *Marchi**) sucht diesen Satz neuerdings zu stützen, mit der Einschränkung jedoch, dass das Corpus dentatum dem mittleren Schenkel mehr Fasern abgiebt, als das übrige Grau und dass der Wurm wesentlich den hinteren Schenkel versorgt. Wer aber das Kleinhirn nach der Entwickelungsmethode, die gerade für die hier in Frage kommenden Verhältnisse entscheidende Befunde zu Tage fördert, untersucht hat, der wird nicht

---

*) Rivista di freniatria XVII, 3, 1891.

umhin können, in jener Hypothese einen augenscheinlichen Irrtum zu erblicken.*)

Die Verbindungsbahnen zwischen Vorder- und Kleinhirn sind zum grossen Teil zweifellos gekreuzter Art. Bei alten ausgedehnten Läsionen im Gebiete der grossen Hemisphären wird daher gewöhnlich Atrophie der kontralateralen Kleinhirnhälfte gefunden. Diese Atrophie stellt *Mingazzini* in alleinige Abhängigkeit von Herdaffektionen des Sehhügels; sei letzterer unbeschädigt, so trete trotz Atrophie des Vorderhirnes keine solche im Kleinhirn auf. Ich vermag mich ihm hierin nicht ohne weiteres anzuschliessen, indem nach meinen Erfahrungen ausgedehnte Vorderhirndefekte, auch wenn sie sich nur auf die Hemisphären beschränken, Atrophie der kontralateralen Kleinhirnhälfte zur Folge haben.

Die Associationssysteme des kleinen Gehirnes zeigen eine ähnliche reiche Entfaltung, wie diejenigen des Vorderhirnes. Sie verbinden teils nachbarliche Nervenzellen miteinander, teils solche nachbarlicher Windungen (Fibrae arciformes), Läppchen oder sonstiger Teile des Kleinhirnes (guirlandenförmige Fasern von *Stilling*).

Alle diese cerebellaren Associationsbahnen sind mittelst der Degenerationsmethode bisher nur sehr unzureichend geprüft worden und es steht nach dieser Richtung hin zukünftigen Untersuchern ein weites Feld offen. Nach neuerlichen mit der *Marchi*-Methode ausgeführten Untersuchungen von *Klimow* begeben sich aus den Windungen des Wurmes Associationsfasern zu den angrenzenden Windungen des letzteren und der Hemisphären. Ferner ist jeder einzelne Bezirk der Hemisphärenrinde mit den zunächst gelegenen Teilen sowohl der Hemisphären-, wie der Wurmrinde verbunden. Das Vorkommen von Kommissurenfasern zwischen den Kleinhirnhemisphären erscheint dem genannten Autor zweifelhaft.

Eine besondere Stellung nimmt hier, schon infolge seiner verhältnismässig frühen Entwickelung, der sogen. Flockenstiel, Pedunculus flocculi, ein (Fig. 391 *pf*). An foetalen Hirnen aus der letzten Periode des intrauterinen Lebens tritt er als markweisser Faserzug inmitten einer marklosen Umgebung auffallend deutlich hervor und es erweist sich, dass er vorwiegend in der basalen Rinde der Flocke seinen Ursprung hat (Fig. 391 und 369). Von hier gehen seine Elemente zunächst nach innen und erheben sich sodann entlang dem medialen

*) Der Fasciculus longitudinalis dorsalis und die Olivenzwischenschicht (Schleife) beziehen nach *Marchis* Angaben aus dem mittleren Lappen des Kleinhirns durch dessen Pedunculus medius Fasern, die mit gewissen Hirnnerven, mit dem Brückengrau und mit dem Vierhügel (?) in Verbindung treten sollen. Zugleich sollen beide Faserzüge, nachdem sie sich in der Gegend der Olive vereinigt, in den Vorderseitensträngen des Markes abwärts verlaufen.

Rande der Kleinhirnhemisphäre auf der Decke des vierten Ventrikels in der Richtung zum Wurme. Sie sind ohne Mühe nur bis zu der Gegend des gezahnten Kernes darstellbar. Die Untersuchung ihres weiteren Verlaufes an Frontalschnitten durch Kleinhirn und verlängertes Mark stösst hingegen auf Schwierigkeiten, da das Bündel, nachdem es sich von aussen und oben um das Corpus restiforme gekrümmt und auf der Kleinhirndecke bis zum Niveau des vorderen Schenkels emporgestiegen, an dessen ventralem Abschnitte aufzuhören scheint. Einige Fasern desselben wenden sich zudem schon entsprechend dem disto-lateralen Abschnitt des Strickkörpers einwärts und verschwinden alsbald gleichfalls aus dem Gesichtsfeld. Schrägschnitte von oben-hinten nach vorne-innen gestatten bezüglich des ferneren Verlaufes des Flockenstieles festzustellen, dass er nach spitzwinkeliger Kreuzung mit dem vorderen Kleinhirnschenkel nach oben-innen dem Gebiete der centralen Kleinhirnkerne und der Rinde des Wurmes sich zuwendet. Hier beteiligt er sich an der Bildung einer über und zwischen den Dachkernen befindlichen Kommissur und gelangt somit auf die andere Seite. Die Endigung der erwähnten nach innen umbiegenden Fasern des Pedunculus flocculi ist in dem Nucleus vestibularis zu suchen (*Schtscherbak*).*)




Fig. 391.
Aus dem Gehirn eines einige Wochen alten Kindes. *pf* Pedunculus flocculi. *Weigert*sche Methode.

Nach den Ermittelungen von *Thomas* führt halbseitige Kleinhirnzerstörung zu Degeneration in der Wurmrinde und im Flocculus. Die entarteten Fasern der Wurmrinde könnten nach seiner Ansicht Endigungen von Corpus-restiformeelementen darstellen. Anders ist es mit den Fasern im Flocculus. Sowohl nach Zerstörung einer Kleinhirnhälfte, wie nach Zerstörung eines einzelnen Lappens gehen sie stets auf beiden Seiten in Entartung über. Doch treten die degenerierten Elemente im Verhältnis zu den nicht degenerierten an Zahl zurück, woraus folgt, dass ein grosser Teil derselben in der Flocke selbst seinen Ursprung hat. Nach der Darstellung von *Klimow* haben als centrifugale Bahnen des Flocculus jene Fasern zu gelten, welche nach Durchgang durch den Flockenstiel in dem lateralen Vorsprunge des gleichseitigen Corpus dentatum endigen. Die Bedeutung solcher Bahnen besitzt möglicherweise auch der in dem *Deiters*schen Kern aufhörende Teil der Striae. Sämtliche Windungen der Flocke sind durch Associationsfasern verbunden. Andere Associationselemente der Flocke begeben sich, längs der dorsalen Seite des vorderen Vorsprunges des

*) Neurolog. Centralblatt 1893, No. 7.

Corpus dentatum herumziehend, zu dem Wurm und verlieren sich auch in den Gyri eines der Seitenlappen (Lappen C nach der Bezeichnung des Autors) der entsprechenden Hemisphäre. Das Vorkommen von Kommissurenfasern in der Flocke ist wenig wahrscheinlich.




Fig. 392.
*Purkinje*sche Zelle im Querschnitte einer Kleinhirnwindung. *c* Neurit. *Golgi*sche Behandlung.

Von grossem Interesse ist die Frage nach den gegenseitigen Beziehungen zwischen den verschiedenen nervösen Elementen des Kleinhirnes.

Höchst eigentümlich gestalten sich nach *Ramóns* Untersuchungen die Beziehungen der *Purkinje*schen Zellen, jener durch ungewöhnliche Grösse und reiche Verästelung ausgezeichneten Bestandteile der Kleinhirnrinde (Fig. 392). Ihre Neuriten




Fig. 393.
Aus dem Kleinhirn eines neugeborenen Kätzchens, vom Längsschnitt einer Windung. Zwischen Fortsätzen *Purkinje*scher Zellen verästelt sich eine aus der Tiefe kommende Faser *a*. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *Golgi*-Methode.

gehen nach Durchsetzung der Körnerschicht in Markfasern über; viele Kollateralen dieser letzteren aber wenden sich rückwärts und verästeln sich in der Umgebung ihrer Ursprungszellen. Aber auch aus der Tiefe der Rinde fliessen den *Purkinje*schen Zellen Fasern zu, diese nebst dem anhängenden Dendritengeäste mit feinsten Endreiserchen umrankend (Fig. 393). Hinwiederum gewinnen die *Purkinje*schen Elemente vermöge sekundärer und tertiärer Dendritenstämmchen Beziehungen zu Neuriten der Körnerschicht, während letztere ihrerseits untereinander in Verkehr stehen (Fig. 394). Endlich dringen von den horizontalen Neuriten der Molekularlage Kollateralen gegen die rostfarbene Schicht vor und

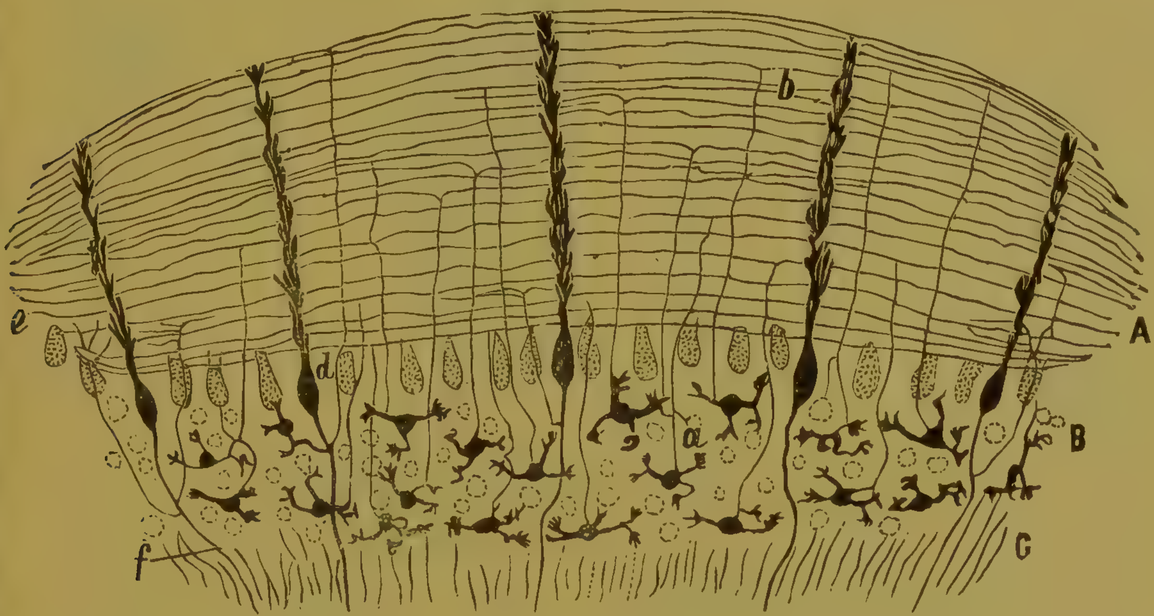



Fig. 394.
Längsschnitt einer Kleinhirnwindung. Halbschematisch. Bezeichnung wie in Fig. 347.

lassen ihre freien Endigungen an *Purkinje*sche Zellkörper herantreten (Fig. 395). Eine *Purkinje*sche Zelle besitzt somit Beziehungen zu zahlreichen benachbarten und entlegenen Nervenzellen. Da die Neuriten und ihre Äste höchstwahrscheinlich cellulifugal bezw. centrifugal leiten, die die Zelle umspinnenden Endreiser aber dieser Impulse zufliessen lassen, so ergiebt sich gleichzeitig, dass eine und dieselbe *Purkinje*-Zelle ebensosehr an centrifugale, wie an centripetale Kleinhirnfasern Anschluss hat, während sie durch Elemente der Körner- und Molekularschicht mit anderen Zellen der Kleinhirnrinde in associativer Verbindung steht.

Was das Verhalten der letzten Endigungen der Kleinhirnschenkel betrifft, so verstreichen jene Elemente des Corpus restiforme, welche das Gebiet des Wurmes aufsuchen, in der Körner- und Molekularschicht teils als Moosfasern, teils als Kletterfasern, indem sie das Dendritengeäste *Purkinje*scher Zellen umspinnen (*Ramón y Cajal*).

Starke Kollateralen werden ausserdem zu den Nachbargebieten des Wurmes und des Corpus dentatum abgegeben (*Held*). Im verlängerten Marke gehen solche dem Acusticuskern, dem *Deiters*schen Kern und dem Nucleus vestibularis zu. Anderen Fasern des Strickkörpers ist das Kleinhirn nicht End-, sondern Ursprungsstätte. Sie entspringen in dem gezahnten Kern und in *Purkinje*schen Rindenzellen; ihre Endigung erfolgt in den unteren Oliven und in den Seitenstrangkernen des verlängerten Markes.

Die beiden anderen Schenkel haben ihren Ursprung teilweise ebenfalls im Kleinhirn.




Fig. 395.
Aus der Rinde des Cerebellum. *Golgi*-Methode. Bezeichnung wie in Fig. 338.

Der vordere Schenkel entsteht mit der Mehrzahl seiner Fasern aus dem Grau insbesondere der centralen Kerne, nur eine geringe Anzahl derselben endigt im Corpus dentatum. Da um die Ursprungszellen des vorderen Schenkels in dem gezahnten Kern Kollateralen aus dem Corpus restiforme endigen, so können Erregungen aus dem Rückenmarke und aus dem verlängerten Marke ohne Beteiligung der Kleinhirnrinde dem vorderen Schenkel zufliessen (*Held*).

Die Fasern des mittleren Schenkels gehen zum Teil aus *Purkinje*schen Zellen der Kleinhirnrinde hervor. Ihre Endverästelungen finden sich in der Brücke. Von Zeit zu Zeit lösen sich von ihnen ramifizierende Kollateralen ab; einige solche gelangen sogar auf die andere Seite. Nach *Held*s Ermittelungen soll eine Anzahl von Fasern des mittleren Schenkels im Brückengrau entspringen und zum Kleinhirn emporstreben.

Ob sie hier als Moosfasern oder in anderer Form zur Endigung kommen, ist nicht näher bekannt. Ausserdem strahlen Neuriten aus beiden Brückenhälften in die Raphe ein und steigen in letzterer als Fasciculus verticalis aufwärts. Ein Teil der Neuriten des Brückengraus endlich soll sich den Längsfasern der Brücken-Vorderhirnbahn anschliessen (*Held*). Ein anderer, wahrscheinlich bedeutender Teil der longitudinalen Brückenfaserung findet zweifellos in der Brücke selbst seine Endigung. Hierfür zeugen einerseits Beobachtungen über absteigende Degenerationen dieser Gegend, andererseits sieht man an *Golgi*-Präparaten Endpinsel jener Fasern innerhalb des bekannten, aus feinsten spät umscheideten Fäserchen aufgebauten ungemein dichten Brückengeflechts neben Kollateralen der hierselbst durchtretenden grossen Fasersysteme, nämlich der Pyramidenbahn, der Schleife, der longitudinalen Brückenfaserzüge und des mittleren Kleinhirnschenkels.

Der Entwickelung nach stehen obenan die der Kleinhirnseitenstrangbahn und den Bahnen zu den lateralen Kernen der Medulla oblongata entsprechenden centralen Fasern des Corpus restiforme. Sie ummarken sich etwa im sechsten Foetalmonat. Sehr frühzeitig entwickeln sich auch die absteigenden Kleinhirnfasern in dem Fasciculus antero-marginalis. Die genannten Systeme bilden somit das primäre Corpus restiforme und zugleich die primären Bahnen des Kleinhirns. Etwas später ummarken sich die die Dachkerne mit den Oberoliven verbindenden medialen Fasern des hinteren Schenkels. Um den achten Foetalmonat findet man bereits die Bahnen der Hinterstrangkerne zum Kleinhirn myelinhaltig, jedoch umscheiden sich die Abkömmlinge der *Goll*schen Kerne später als die der *Burdach*schen Kerne. Etwa zu derselben Zeit entwickelt sich der dorsale Faserzug des vorderen Schenkels, der Rest der medialen Fasern des hinteren Schenkels, einige Bahnen der centralen Kleinhirnkerne zur Cerebellumrinde und der Pedunculus flocculi. Im Anschluss hieran wird der Fasciculus anterolateralis von *Gowers*, der Fasciculus intermedius des Seitenstranges und der mittlere Faserzug des vorderen Schenkels markweiss. Um die Zeit der Geburt beginnt die Ummarkung der Fibrae cerebello-olivares, des spinalen Bündels im mittleren und des medialen im vorderen Schenkel. Das cerebrale Bündel des mittleren Schenkels und einige intracerebellare Associationsbahnen nehmen erst nach der Geburt Markscheiden auf.

Zum Schlusse sind die im vorhergehenden beschriebenen Kleinhirnbahnen in Bezug auf ihre physiologische Bedeutung einer Untersuchung zu unterziehen.

In erster Linie kommen hier jene Faserzüge in Betrachtung, welche das Kleinhirn mit dem Ramus vestibularis des Gehörnerven und mit der Region des dritten Ventrikels verbinden und bei der Funktion der

Erhaltung des Körpergleichgewichtes eine Rolle spielen. Die centralen Bahnen des Ramus vestibularis müssen im Hinblicke auf die im früheren dargelegte Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinthes als Leitungen betrachtet werden, die dem kleinen Gehirne von jenen Organen des Körpergleichgewichtes centripetale Impulse zuführen. Was die Leitungsbahnen des Kleinhirns zu den Gleichgewichtsorganen am dritten Ventrikel betrifft, so herrscht hierüber noch manches Dunkel; allein es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass sie in jenem oben geschilderten Faserzug des Trapezkörpers verlaufen, welcher über der Schleife in dem medialen Felde der Formatio reticularis beziehungsweise in der Haube emporsteigt.

Welches ist aber die Bedeutung der Faserzüge, die das Kleinhirn mit dem Rückenmarke beziehungsweise mit der Körperperipherie in Verbindung setzen?

Die Kleinhirnfasern zu den Hinterstrangkernen stellen, gleich den soeben betrachteten Bahnen, zweifellos cerebellopetale Systeme vor. Hierfür zeugt schon die Endigung centripetaler Rückenmarksbahnen in den genannten Ursprungskernen dieser Fasern.

Eine centripetale Leitungseinrichtung besteht augenscheinlich auch in der Kleinhirnseitenstrangbahn. Massgebend ist hier bekanntlich vor allem die Richtung der Degenerationen, die sich in dieser Bahn bei Läsionen des Markes als aufsteigend erweist. Es tritt hinzu, dass die Kleinhirnseitenstrangbahn aus Zellen der *Klarke*schen Säulen hervorgeht, wo ja ein unmittelbarer Verkehr mit dorsalen Wurzelfasern stattfindet. Beide Momente setzen meines Erachtens die cerebello-petale Anordnung der betrachteten Bahn ausser Zweifel.

Zu den centripetalen Kleinhirnleitungen muss ferner ein Teil der Fibrae cerebello-olivares, sowie der aufsteigende Fasciculus anterolateralis gezählt werden. Denn seine Degenerationen verlaufen ebenfalls meist in aufsteigender Richtung.

Die übrigen Verbindungen mit dem Marke erscheinen als centrifugale Bahnen.

Schon eingangs dieses Abschnittes war darauf hingewiesen worden, dass neben centripetalen Verbindungen im kleinen Gehirn ein selbständiges System centrifugaler Bahnen vorhanden sein muss, welche den notwendigen Anschluss an die motorische Sphäre herstellen würden. Wo verlaufen aber diese Kleinhirnbahnen? Allem zufolge gelange ich zu der Annahme, dass centrifugale Systeme des Kleinhirns einmal in dessen hinterem Schenkel, sodann in dem spinalen Bündel des mittleren Schenkels und schliesslich in der Kleinhirn-Oberolivenbahn zu suchen sind.

In dem distalen Schenkel handelt es sich, im Hinblicke auf die Richtung der Degenerationen, um die direkt dem Rückenmarke zustrebenden Elemente des Fasciculus longitudinalis dorsalis, des Fasciculus

antero-marginalis und des Fasciculus intermedius, sowie um einen Teil der Fibrae cerebello-olivares. Die teilweise centrifugale Natur dieser letzteren ergiebt sich nicht allein aus der absteigenden Richtung ihrer Degenerationen, sondern auch aus dem Umstande, dass die unteren Oliven durch den Olivenstrang mit den Vorderhörnern des Halsmarkes verknüpft sind.

Das spinale Bündel des mittleren Schenkels steht teils direkt, teils durch Raphefasern in Zusammenhang mit dem Nucleus reticularis tegmenti und durch das Bindeglied der Formatio reticularis mit den Vorderseitenstranggrundbündeln des Markes. Da die motorische Bedeutung dieser letzteren kaum noch einem Zweifel unterliegt, so erscheint das spinale Bündel geeignet, Impulse des Kleinhirns auf reflektorischem Wege den Organen der Motilität zu übermitteln.

Für die centrifugale Natur der Kleinhirn-Oberolivenbahn zeugt meines Erachtens die unmittelbare Verbindung der oberen Oliven mit den Kernen des Nervus abducens und ihre Beteiligung an dem Mechanismus der reflektorischen Augenbewegungen. In ähnlicher Weise verhalten sich wohl auch die in dem vorderen Schenkel verlaufenden Kleinhirnfasern zu dem kontralateralen Oculomotoriuskern.

Was die physiologischen Aufgaben der zum Endhirn aufsteigenden Hauptmasse des vorderen Kleinhirnschenkels betrifft, so verläuft hier allem Anscheine nach jene cerebrale Kleinhirnbahn, welche uns die dem Gleichgewichtsgefühl zu Grunde liegende Vorstellung von der Lage unseres Körpers im Raume vermittelt. Dieser Darstellung entsprechend würde die zweite durch den Hirnschenkelfuss, die Brückenganglien und den Fasciculus cerebralis des mittleren Schenkels gebildete Verbindung zwischen Vorderhirn und Cerebellum eine Beeinflussung der Gleichgewichtsverrichtungen durch die Endhirnrinde ermöglichen. Immerhin erscheint auch das Vorkommen entgegengesetzt gerichteter Leitungen in dem vorderen Kleinhirnschenkel nicht ausgeschlossen. Eines seiner Bündel degeneriert ja, wie oben gezeigt wurde, stets absteigend, und es fehlt nur der bestimmte Nachweis seines Ursprunges in dem Vorderhirn (Thalamus?).

Die Associationsbahnen endlich erzeugen eine schon durch die Aufgaben des kleinen Gehirns als Gleichgewichtsorgan gebotene funktionelle Vergesellschaftung seiner verschiedenen Fasersysteme.

# Litteratur

## über Kleinhirnbahnen.

*Arndt*, Zur Pathologie des Kleinhirns. Arch. f. Psych. Bd. XXVI. — *Arnoldi*, Due cosi di atrofia porzeale del cervelletto. Dal Labaratorio anat. path. dell Inst, Psichiatrica di Reggio. 1895. — *Bechterew*, Über den Zusammenhang der sog. peripheren Organe des Gleichgewichtes mit dem Kleinhirn. Versuche mit Durchschneidung der Kleinhirnschenkel. Pflügers Archiv Bd. XXIV. — *Derselbe*, Über zwei Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels. Wratsch 1885. Nr. 9 (russisch.) — *Derselbe*, Zur Anatomie der Schenkel des Kleinhirns, insb. der Brückenarme. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 6. — *Derselbe*, Über zwei Faserzüge in der medialen Abteilung des hinteren Kleinhirnschenkels und über die Faserentwickelung im Gehörnerven. Wratsch 1885. Nr. 25 (russisch). — *Derselbe*, Über die innere Abteilung des Strickkörpers und den achten Hirnnerven. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 7. — *Derselbe*, Über die Faserung des vorderen Kleinhirnschenkels. Verh. d. psych. Gesellsch. in Petersburg. 1885 (russisch). — *Derselbe*, Über die Verbindungen der oberen Oliven und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung. Wratsch 1885. Nr. 32. Ref. im Neurolog. Centralbl. 1885. — *Derselbe*, Über die Bestandteile des Strickkörpers. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1886. — *Derselbe*, Zur Frage über die Funktionen des Kleinhirns. Neurolog. Centralbl. 1890. — *Bergmann*, Untersuchungen an einem atrophischen Cerebellum. Zeitschr. f. ration. Medizin. III. R. II. Bd. — *Biedl*, Absteigende Kleinhirnbahnen. Neurolog. Centralbl. 1895. — *Birchhoff*, Über Atrophie und Sklerose des Kleinhirns. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XII. — *Brasset*, Contribution à l'étude des connexions du cervelet. Paris 1891. — *Bruce*, On the flocculus. Brain 1895. — *Burdach*, Vom Bau und Leben des Gehirns. Leipzig 1822. — *Ceni Carlo*, Sulle alterezioni istologiche del cervelletto etc. Societa medico-chirurgico di Pavia 1895. — *Charpy*, Traité d'anatomie humaine du système nerveux 1894. — *Cramer*, Einseitige Kleinhirnatrophie mit leichter Atrophie der gekreuzten Grosshirnhemisphäre u. s. w. Beitr. z. patholog. Anat. u. allg. Pathol. 1891. Bd. XI. — *Dejerine* et *Klumpke*, Anatomie des centres nerveux. T. I avec 401 Fig. dans le texte. Paris 1895. — *Ebstein*, Grosses Osteom der Kleinhirnhemisph. Virchows Arch. 1849. — *Edinger*, Zur Kenntnis des Verlaufes der Hinterstrangfasern in der Medulla oblongata und im unteren Kleinhirnschenkel. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 4. — *Derselbe*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896. — *Derselbe*, Über die Bedeutung des Kleinhirns in der Tierreibe. Ber. d. Senckenbergschen Gesellsch. 1889. — *Ferrier*, Brain, Spring 1894. — *Ferrier* and *Turner*, A record of experim. illustr. of the symptomatology and degenerations following lesions of the cerebellum etc. Philosophical transactions Vol. 185, u. Proc. of the R. Society Vol. XIV, 1894. — *Dieselben*, The symptomatology and Degenerations following lesions of the cerebellum. Phil. Trans. 1894. — *Flatau*, Atlas des menschlichen Gehirns. Berlin 1894. — *Flechsig*, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen dargestellt. 20 Tafeln. Leipzig 1876. — *Derselbe*. Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig 1883. — *Flourens*, Recherches expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux 1842. — *Fusari*, Coso di

mancanza quasi totale d. cervelletto. Atti della R. Acad. delle science di Bologna. 1892 Aprile. — *van Gehuchten*, Anatomie du système nerveux de l'homme. 1897. — *Gramer*, Über Kleinhirnatrophie. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. Bd. XLVIII. — *Hammerberg*, Atrophie und Sklerose des Kleinhirns. Nord. med. Arch. 1890. Bd. XXII (genaue Zusammenstellung der Litteratur über angeborene Kleinhirnatrophien). — *Held*, Beiträge zur feineren Anatomie des Kleinhirns und des Hirnstammes. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1892 u. 1893. S. 435. — *Derselbe*, Beiträge zur feineren Anatomie des Kleinhirns. Arch. f. Anat. u Physiol. Anat. Abt. 1893. — *Henle*, Handbuch der Nervenlehre des Menschen. 1879. — *Derselbe*, Handbuch der Anatomie des Menschen. — *Herrick*, Illustrations of the architecture of the cerebellum. The Journ. of comp. Neurology. 1891. — *Hitzig*, Über einen Fall von halbseitigem Defekt des Kleinhirns. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XV. — *Klimow*, Die Leitungsbahnen des Kleinhirns. Kasan 1897 (russisch). — *v. Kölliker*, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1893. S. auch die verschiedenen Jahrgänge der Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. — *Lahousse*, Recherches sur l'ontogenèse du cervelet. Gand 1888. — *Löwenthal*, Parcours central du faisceau cérébelleux direct. Bull. soc. anat. 1885. — *Lugaro*, Sulla struttura del nucleo dentato. Monitoro Zool. 1895. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der nervösen Elemente der Kleinhirnrinde untereinander. Unters. z. Naturl. d. Menschen u. d. Tiere XV, 1896 — *Luys*, Recherches sur le système nerveux cérébrospinale. Paris 1865. — *Marchi*, Sull 'origine e decarso dei peduncoli cerebellari etc. Florenz. — *Derselbe*, Rivista di freniatria 1891. Bd. XVII. — *Martinotti e Mergandino*, Ricerche sulle alterazione del midollo spinale concomitante le lesioni cerebelleri. Morgagni. XXX, 1888. — *Meyer*, Über Faserschwund in der Kleinhirnrinde. Arch. f. Psych. Bd. XXI. — *Mingazzini*, Intorno al decorso delle fibre appartementi al pedunculus medius cerebelli. Arch. p. l. scienc. med. 1890. Bd. XIX. — *Derselbe*, Recherches complementaires sur le trajet du pedunculus medius cerebelli. Int. Monatsschrift für Anatomie u. Physiologie 1891. Bd. VIII. — *Derselbe*, Über die gekreuzte cerebro-cerebellare Bahn. Neurologisches Centralblatt 1895. — *Derselbe*, Sulle degener. consec. all 'estirpazione emicerebellari. Ric. Lab. An. Roma 1894. Bd. IV. — *Mirto*, Sulle degenerazioni secunderi cerebello-cerebrali etc. Arch. p. l. scienze mediche. Vol. XX. Nr. 19. — *v. Monakow*, Experimenteller Beitrag zur Kenntnis des Corpus restiforme, des äusseren Acusticuskernes und deren Beziehungen zum Rückenmark. Arch. f. Psych. Bd. XIV. Heft 1. — *Mott*, Die zuführenden Kleinhirnbahnen des Rückenmarkes bei den Affen. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. 1897. — *Obersteiner*, Partielle Kleinhirnatrophie. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XXVII. — *Pellizzi*, Contribution à l'anatomie et à la physiologie dés voies cérébelleuses. Arch. ital. de Biol. XXIV fasc. I. — *Derselbe*, Degen. cons. a lesioni cerebellari. Riv. sperim. di freniatria 1895. — *Derselbe*, Sulle degenerazioni secondari a lesioni cerebellari. Riv. sper. di Fren. e di Med. leg. 1895. Bd. XXI. — *Derselbe*, Sul decorso nel bulbo, nel cervello posterior e nel cervelletto delle fibre degenerate in linea ascendente nei fasci periferici del cordone anterolaterale, e sui rapporti che contraggono i resti dei cordoni posteriori col corpo restiforme. Torino, Spandre e Lazzari 1895. — *Derselbe*, Sur les dégénerescences secondaires dans la système nerveux central, à la suite des lésions de la moelle et de la section de racines spinales. Contribution à l'anatomie et à la physiologie des voies cérébelleuses. 3 Tafeln mit 41 Figuren. Arch. ital. de Biol. XXIV, 1895. — *Popow*, Beiträge zur Lehre von dem Aufbau des Kleinhirns und des verlängerten Markes. Dissert. Charkoff 1895 (russisch). — *Ramón y Cajal*, Sur l'origine et la direction des prolongiations nerveuses de la couche moléculaire du cervelet. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1889. Bd. VI. — *Derselbe*, Sobre ciertos elementos bipolares de cerebelo joven. Gaceta Saniataria

Barcelona. 1890. — *Derselbe*, Sobre las fibras nerviosa de la cafa granulosa del cerebele. Rev. trim. de Histol. 1889 und Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1890. — *Derselbe*, Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertébrés. Paris 1894. — *Derselbe*, Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems. Arch. f. Anat. u. Entwickelungsg. 1893. S. 319 ff. — *Derselbe*, Puente de Varolio Ganglios cerebellogos. Annales de la Sociedad de historia natural 1894. — *Rauber*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Nervenlehre und Sinnesorgane. Bd. II. Leipzig 1898. — *Retzius*, Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde. Biol. Untersuchungen. Bd. III. 1892. — *Roller*, Die cerebralen und cerebellaren Verbindungen des 3.—12. Hirnnervenpaares. Die spinalen Wurzeln der cerebralen Sinnesnerven. Allg. Zeitschr. f. Psych. 1882. Bd. XXXVIII. S. 228 ff. — *Russel*, Defectiv developement of the central-nervous system of a cat. Brain. Spring 1895. — *Schaffer*, Die morphologische und histologische Entwickelung des Kleinhirns der Teleostier. Morph. Jahrbuch 1894. Bd. XXI. — *Schtscherback*, Über den Flockenstiel. Neurolog. Centralbl. 1893. — *Schwalbe*, Lehrbuch der Neurologie. Erlangen 1881. — *Stilling*, Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns des Menschen. Kassel 1864—1878. — *Teljatnik*, Die Verbindungen des Kleinhirns. Newrol. Wjestn. Bd. V. Heft 3. — *Thomas*, Lésions sous-cortical du cervelet etc. Soc. de Biol. 1896. — *Derselbe*, Lec. cervelet. Paris 1897. — *Vejas*, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Verbindungsbahnen des Kleinhirns und des Verlaufes der Funiculi gracilis und cuneatus. Arch. f. Psych. Bd. XVI. — *Vignal*, Recherches sur le developement des éléments des couches corticales du cerveau et du cervelet. Arch. de Physiol. 1888. — *Wenzel*, Beitrag zur Kenntnis der hereditären Ataxie und Kleinhirnatrophie. Arch. f. Psych. Bd. XXI.

# V. Abschnitt.

## Von den Leitungsbahnen des Endhirns.

An den Hemisphären des Endhirns unterscheidet man (Fig. 396):

1. Die graue Rinde des Pallium. Sie bekleidet die gesamte Oberfläche dieses Hirnteiles und besteht aus vielen Reihen von Nervenzellen von verschiedener Grösse, einer feinkörnigen Neuroglia und einem complizierten Geflecht von Nervenfasern.

2. Die subkortikalen Endhirnganglien. An der Hirnbasis gelegen erscheinen sie im Lichte neuerer anatomischer Untersuchungen als Abkömmlinge der Rinde.

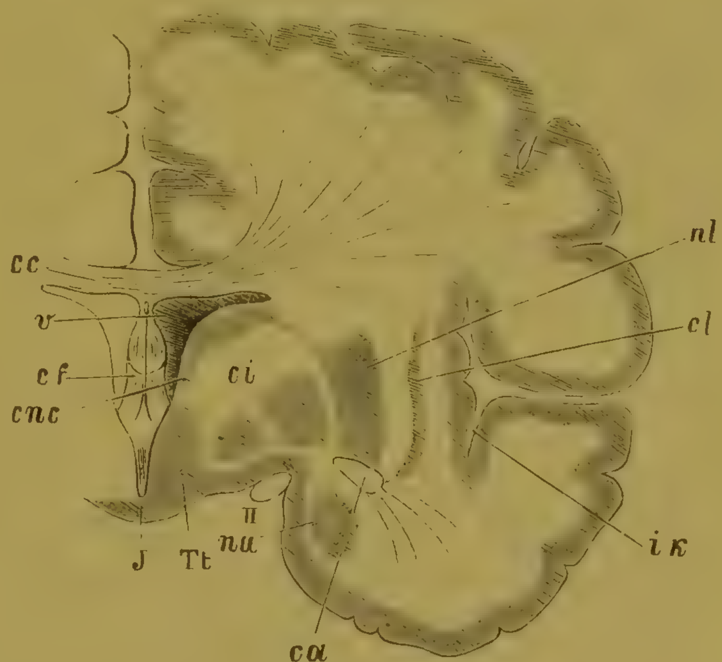



Fig. 396.
Halbschematischer Frontalschnitt des Endhirns im Gebiete der basalen Ganglien und der inneren Kapsel. Der dunkel gehaltene Aussenkontour entspricht der grauen Rinde. *cnc* Nucleus caudatus; *nl* äusseres Glied des Linsenkerns, Putamen; *cc* Corpus callosum; *ca* Commissura anterior; *v* Ventriculus lateralis; *cf* Columna fornicis; *ci* Capsula interna; *cl* Claustrum; *ik* Insula Reilii; *J* Infundibulum; *Tt* Thalamus opticus; *Na* Nucleus amygdalae; *II* Tractus opticus.

Die gesamte übrige Masse der Hemisphären wird von weisser Substanz (vorzugsweise markhaltigen Nervenfasern) und Neurogliaelementen gebildet.

Die graue Rinde des Endhirns erscheint uns als diejenige Stätte, wo von der Körperperipherie dem Centralorgane zufliessende Reize in Gefühle, Empfindungen und Vorstellungen verwandelt, wo aus komplizierten Reihen von Vorstellungen Begriffe erzeugt und aus Empfindungen und Vorstellungen Impulse zur Bewegung, zur Muskelthätigkeit entwickelt werden. Sie

bildet gemäss den einstimmigen Lehren der vergleichenden Anatomie, der Physiologie und Pathologie das Centrum des Seelenlebens. Alles Empfinden, Denken und Wollen, alle psychisch bedingte Bewegung ist ihr Erzeugnis.

*Jacksons* klinische und *Fritschs* und *Hitzigs* bedeutungsvolle physiologische Untersuchungen legten den Grundstein zu der Lehre von den Lokalisationen in der Hirnrinde. An der Hand späterer physiologischer und klinischer Forschungen, an welch letzteren insbesondere *Charcot* und seine Schule hervorragenden Anteil haben, erwuchs aus jenen Anfängen alsbald ein stattliches wissenschaftliches Gebäude. Allein zwischen den feststehenden Säulen fehlt es noch immer nicht an mancherlei Lücken und wir glauben daher nur die wesentlichsten bisherigen Ergebnisse mit Fortlassung aller entbehrlichen Einzelheiten unserer Darstellung zu Grunde legen zu dürfen.

In der Rinde des Endhirns können nach den üblichen Darstellungen zwei Zonen unterschieden werden, eine vorwiegend motorische und eine vorwiegend sensible.

Das motorische Rindenfeld, besser als sensitiv-motorisches zu bezeichnen, liegt bei den meisten Säugetieren in dem vorderen Abschnitt der Rinde entsprechend dem den grossen Querspalt (Sulcus cruciatus) umgebenden Windungszug, bei den Affen und beim Menschen umfasst es die Centralwindungen zu beiden Seiten des Sulcus Rolandi, die Basis der drei sagittalen Stirnwindungen und die nachbarlichen Teile der medialen Hemisphärenfläche. Die verschiedenen Abschnitte dieser Zone können als selbständige, besonderen Muskelgruppen entsprechende Centra aufgefasst werden. Elektrische oder pathologische Reizung eines solchen Centrums löst bestimmte Gliedmassenbewegungen auf der gegenüberliegenden, teilweise aber auch auf der entsprechenden Körperseite aus; Ausschaltung oder Destruktion motorischer Windungsgebiete bedingt Herabsetzung oder Paralyse der Motilität, die sich in der Regel auf die kontralaterale Körperhälfte beschränkt.

Die motorischen Rindencentra sind nicht, wie man unter dem Eindrucke der ursprünglichen elektrischen Reizungsversuche wohl annehmen könnte, als punktförmig angeordnet zu denken, sondern stellen kleine, je von einer minder erregbaren Zone umgebene Flächen vor. Dies kann nach meinen*) und *Shukoffs* **) in meinem Laboratorium ausgeführten Experimenten mit totaler Entfernung einzelner motorischer Centra nicht mehr zweifelhaft sein, indem bei elektrischer Reizung der Umgebung der Rindenwunde nach einiger Zeit infolge erhöhter Erregbarkeit Gliedmassenbewegungen auftreten, deren Centrum vorher gänzlich abgetragen war.

*) Neurolog. Centralblatt 1895.

**) Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1895.

Die genannten Versuche liefern zugleich den Schlüssel für das Wiederauftreten der Beweglichkeit nach partiellen Rindendefekten. Von Bedeutung ist hier aber auch der Umstand, dass die Bewegungscentra nicht ausschliesslich zu der kontralateralen, sondern daneben bis zu einem gewissen Grade zu der homolateralen Körperhälfte in Beziehung stehen. Ja ich vermag in der motorischen Zone überhaupt fast keine Centra nachzuweisen, die ausschliesslich entgegengesetzten Gliedmassen entsprechen würden. Ihre Mehrzahl ist vielmehr nur vorwiegend gekreuzt, einige erscheinen mehr oder weniger gleichmässig bilateral und schliesslich giebt es Stätten, die vorwiegend zu Muskeln der nämlichen Seite in Beziehung stehen, wie z. B. das Centrum für das Platysma myoides.*) Bei unilateralen Rindenläsionen wird somit die Intensität und die Dauer der motorischen Ausfallserscheinungen mit bedingt werden durch den Grad der bilateralen Innervation der affizierten Gliedmassen.**)

Da sich die Geschöpfe in Bezug auf die bilaterale Innervation einzelner Muskelgruppen recht ungleich verhalten, so wird der Erfolg der Abtragung eines und desselben Centrums nicht überall der nämliche sein können. Bei dem Kaninchen z. B. löst Reizung des Centrums der hinteren Extremität nahezu gleichmässige Bewegung beider Gliedmassen aus; Zerstörung jenes Centrums verursacht daher keine erheblichen motorischen Störungen in der hinteren Gliedmasse. Bei dem Hunde hingegen wird die Gebrauchsfähigkeit der letzteren, da die bilaterale Innervation hier ungleich weniger zur Geltung kommt, durch Ausschaltung des hinzugehörigen Centrums auf der kontralateralen Seite mehr oder minder stark beeinträchtigt. Bei den Affen führt Zerstörung dieses Centrums zu langdauernder Paralyse der kontralateralen hinteren Extremität.

Die räumliche Anordnung der Bewegungscentra entspricht in der Tierreihe im allgemeinen einem bestimmten Typus. Doch sind bedeutende Abweichungen in der Differenzierung nicht zu verkennen. Die niederen Säugetiere besitzen in der Rinde nur eine beschränkte Anzahl motorischer Centra. Bei den höheren, wie beim Hunde, finden sich solche schon in grösserer Menge. Die höchste Stufe der Entwickelung aber wird in der Primatenreihe erreicht: beim Affen und augenscheinlich

*) *Bechterew*, Arch. slaves de Biologie 1887 und Arch. f. Psychiatrie 1886 und 1887.

**) Bei der Wiederherstellung der Motilität nach Rindendefekten kommen jedoch ausser den angeführten noch andere Bedingungen zur Geltung. Entfernt man einem Tiere beiderseits die motorische Zone, so ist nach meinen Erfahrungen mit der Zeit doch noch eine gewisse Besserung der Bewegungsfähigkeit möglich, wohl infolge des Eingreifens niederer reflektorischer Centra und ihrer allmählichen Anpassung an die neuen Verhältnisse in der motorischen Sphäre.

auch beim Menschen ist die Differenzierung der Rindencentra — es braucht nur an die Innervation der Fingerbewegungen erinnert zu werden — eine geradezu erstaunliche (*Beevor*, *Horsley*).

Mit der Entfaltung der Rindencentra geht Hand in Hand eine der aufsteigenden Tierreihe im allgemeinen entsprechende Anpassung an bestimmte Gliedmassenbewegungen. Da diese Anpassung in der vorderen bezw. oberen Gliedmasse sich stärker geltend macht, als in der hinteren, so erscheint das Centrum der ersteren für gewöhnlich in stärkerer Entwickelung, als das der letzteren.

Bei dem Menschen finden sich die motorischen Centra, wie bei Gelegenheit chirurgischer Eingriffe und elektrischer Reizungen an der Rinde eruiert werden konnte und wie ich auf Grundlage der in meiner Klinik ausgeführten Hirnoperationen zu bestätigen in der Lage bin, im allgemeinen in der nämlichen Entfaltung und räumlichen Anordnung wie bei den höheren Affen. Versuche an letzteren erscheinen darum besonders bedeutungsvoll. Ich verweise in dieser Beziehung auf die genauen Darstellungen von *Ferrier*, *Beevor*, *Horsley*, *Schäfer*, *mir**) u. A.**) Wenn die allgemeine Anordnung der Centra für die verschiedenen Gliedmassen ins Auge gefasst wird, so ergiebt sich aus den vorhandenen klinischen Beobachtungen an dem menschlichen Gehirn, dass Affektionen im oberen Abschnitte der Centralwindungen und in dem angrenzenden Lobulus paracentralis von motorischen Störungen in der unteren Extremität gefolgt werden. Affektionen der mittleren Teile der Centralwindungen beeinträchtigen die Motilität der oberen Extremität, solche des unteren Abschnittes dieser Hirnregion die Funktionen des Facialis und Hypoglossus. In letzterer Gegend breitet sich auch das Centrum für die Kieferbewegungen aus; Erkrankungen hierselbst gehen mit Störungen der Kaufunktion einher.***) Beschädigung des Fusses des dritten (unteren) Stirnwindungszuges und der Insel führt zu Alterationen der Sprache. Das Centrum für die Kehlkopfmuskulatur findet sich einigen Beobachtungen zufolge an dem Unterende des Sulcus centralis, das Centrum für die associierte Drehung der Augäpfel und des Kopfes im Gebiete des hinteren Abschnittes

---

*) S. verschiedene Mitteilungen in den wissensch. Versammlungen der Ärzte der Klinik für Nerven- und Geisteskranke in St. Petersburg.

**) Der Vollständigkeit wegen wäre hier zu bemerken, dass nach allem, was bisher vorlag, das Centrum der Rumpfmuskulatur bei den Affen nicht auf der äusseren, sondern auf der medialen Hemisphärenfläche gegenüber dem oberen Ende des Gyrus centralis anterior angenommen werden musste. Demgegenüber konnte ich dieses Centrum bei Macacus konstant an der lateralen Oberfläche der Hemisphäre in der Nähe des oberen Endes der vorderen Centralwindung nachweisen.

***) Schon einseitige Rindenaffektionen an der linken Hemisphäre führen zu doppelseitiger Paralyse der Kaumuskulatur (*Hirt*).

der beiden oberen Stirnwindungen und das Centrum für die Hebung des oberen Lides im Gyrus angularis.*)

Mit Bezug auf das Verhältnis des motorischen Rindenfeldes zu der psychischen Sphäre scheint der Satz wohlbegründet zu sein, dass die motorische Zone der Vorderhirnrinde der Aufgabe dient, den Organen der Bewegung Willensimpulse zuzuführen, dass sie somit jene Stätten darstellt, durch deren Vermittelung der Wille seinen Einfluss auf die Muskulatur des Körpers zur Geltung bringt.

Die Psyche darf uns aber nicht nur als Quelle willkürlicher Bewegungen erscheinen. Zahlreiche Bewegungserscheinungen mit zweifellos psychischem Ursprunge entschlagen sich vielmehr der Macht des Willens und gehen vielfach mit Veränderungen solcher Körperfunktionen einher, die — wie Blutbewegung und Drüsensekretion — ganz ausserhalb der Willenssphäre liegen, oder — wie die Atmung — nur mit untergeordneter Beteiligung des Willens wirksam sind. Die den seelischen Erregungen und Empfindungen zum Ausdruck dienenden motorischen Phänomene (Weinen, Lachen etc.) gehören grösstenteils ebenfalls hierher. Da diese sog. Affektbewegungen oder Psychoreflexe meinen Tierver-

*) Eine sehr ins einzelne gehende Darstellung der motorischen Rindencentra des Menschen kann nur auf dem Wege elektrischer Reizung der Hirnoberfläche bei Gelegenheit von Gehirnoperationen erreicht werden. Gegenwärtig stehen derartige Beobachtungen in der Litteratur noch ganz vereinzelt da und sind weitere abzuwarten. Die Wichtigkeit der Angelegenheit veranlasst mich dessenungeachtet schon jetzt meine eigenen hierauf bezüglichen Ermittelungen zu erwähnen, die sich auf drei in meiner Klinik ausgeführte Schädeleröffnungen mit nachfolgender Reizung der motorischen Rindenzone stützen. Ich komme auf Grundlage dieser Fälle zu folgenden Ergebnissen:

1) Die allgemeine Anordnung der motorischen Centra des Menschen in beiden Centralwindungen und in den anstossenden Gebieten des Stirnhirns ist völlig analog dem Verhalten dieser Centra bei den Affen.

2) Die Centra der unteren Extremität finden sich in dem oberen Abschnitt des Gyrus centralis posterior, die der oberen Extremität entsprechen dem mittleren Teil beider Centralwindungen. Darunter lagern Centra für den Daumen und die übrigen Finger, in der unteren Abteilung der Centralwindungen endlich die Centra für den Facialis.

3) Die Centra für die seitlichen Drehungen des Kopfes und der Augen entsprechen wie bei den Affen dem hinteren Teil des zweiten Stirnwindungszuges.

4) Die Centra der Rumpfmuskeln finden sich in der vorderen Centralwindung über dem Centrum für die oberen Gliedmaassen, nahe an dem medialen Rande der Hemisphäre, wogegen dieses Centrum bei den Affen von den Autoren in den medialen Rand der Hemisphäre verlegt wird.

5) Bei dem Menschen sowohl, wie bei den Affen giebt es besondere Centra für die Daumen- und die übrigen Fingerbewegungen im Gebiete des Gyrus centralis posterior unter dem motorischen Centrum der oberen Extremität.

Die einzelnen Rindencentra werden bei dem Menschen, wie auch beim Affen durch mit schwachen Strömen unerregbare Gebiete von einander getrennt.

suchen gemäss*) trotz kompletter bilateraler Abtragung der motorischen Rindenzone unverändert fortbestehen, so müssen sie besondere Ursprungsstätten besitzen.**) Reizung verschiedener, mitunter recht weit hinter dem motorischen Felde gelegener Rindenbezirke löst in der That eine Reihe komplizierter, den wahren Psychoreflexen recht nahestehender Bewegungen aus, insbesondere Kontraktionen mimischer Antlitzmuskeln, sowie gewisse Bewegungen der Ohrmuschel und Augäpfel. Solche Phänomene vermochte ich noch nach totaler Entfernung der eigentlichen motorischen Region hervorzurufen. Es gelingt ferner durch Irritation bestimmter Rindengebiete, den Respirationsrhythmus, den Füllungszustand der kleinen Gefässe und den Blutdruck zu beeinflussen (*Bochefontaine*, *Landois* und *Eulenburg*, *Bechterew*, *Misslawski* u. A.). Bei Gelegenheit von Hirnoperationen mit Eröffnung des Schädels im Gebiete der motorischen Zone habe ich mich überzeugen können, dass auch bei dem Menschen diese Rindenfläche auf Atmung, Herzthätigkeit und Blutdruck einen wesentlichen Einfluss ausübt. Bei verschiedenen Geschöpfen, so beim Hunde, erzeugt Reizung der Rinde, insbesondere in der Nachbarschaft des Sulcus cruciatus, meinen Experimenten zufolge Bewegungen des Magendarmkanales, Kontraktionen der Scheide, Schluckbewegungen, Speichel- und Thränensekretion u. s. w.***)

Das sensible Rindenfeld des Endhirns findet sich im wesentlichen nach hinten und aussen von dem motorischen und umfasst Teile der Centralwindungen und des Parietal-, Occipital- und Temporallappens. Es beherbergt die Centra der verschiedenen sensiblen Qualitäten und der Sinnesorgane. Die Mehrzahl dieser Centra ist aber noch nicht endgiltig lokalisiert, insbesondere gehen die Darstellungen bezüglich der Lokalisation der Haut- und Muskelsensibilität einigermassen auseinander. Nach Ansicht einiger Autoren stellt das sog. motorische Rindenfeld in Wirklichkeit eine sensible Zone vor und die bei Beschädigung jenes zu beobachtenden Bewegungsstörungen sollen durch Alteration gewisser Formen der Sensibilität (Haut- bezw. Muskelgefühl) und der entsprechenden Vorstellungen bedingt sein. *Schiff* weist hierbei auf eine Herabsetzung der taktilen Sensibilität hin, *Nothnagel* machte seinerzeit das Muskelgefühl als Ursache verantwortlich, wogegen *Munk*

*) Physiologie der motorischen Zone der Grosshirnrinde. Arch. f. Psychiatrie 1886 und 1887. Vgl. auch meine Abhandlung „Über Ausdrucksbewegungen", Wratsch 1883.

**) Auch in der menschlichen Pathologie sind Fälle von Affektionen des motorischen Rindenfeldes mit Paralyse der willkürlichen Gesichtsmuskulatur bei Unversehrtheit der mimischen Bewegungen nichts seltenes.

***) Vgl. meine Abhandlungen im Neurolog. Centralbl. 1889—1891; ferner Medic. Obosrenye 1890—1891, Arch. f. Psych. 1888, Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1889 und Schriften der Naturforschenden Gesellsch. in Kasan, Bd. XX.

die fraglichen Störungen der Motilität durch Verlust der Raum- bezw. Bewegungsvorstellungen und des Tastgefühls zu erklären versuchte.

Nach Zerstörung hinter bezw. unmittelbar lateral von der motorischen Zone gelegener und im wesentlichen den Parietalwindungen des Menschen entsprechender Rindenbezirke sah ich bei Tieren Alterationen der Haut- und Muskelsensibilität in den kontralateralen Gliedmassen auftreten, doch waren Erscheinungen von Parese, wie bei Beschädigung des motorischen Feldes, nicht nachweisbar. Destruktionen des Gyrus sigmoideus beim Hund und bei der Katze, sowie solche der Centralwindungen, insbesondere der hinteren beim Affen werden ebenfalls von sensiblen Störungen begleitet (s. unten)*). Auch von anderen Autoren, so von *Luciani*, wird die .sensorische Natur der Parietalwindungen hervorgehoben. *Ferrier* beobachtete an Affen sensible Störungen ohne Erscheinungen von Parese nach Entfernung des Gyrus hippocampi einschliesslich des Ammonshornes. *Schäffer* und *Horsley*, die jene Versuche *Ferriers* wiederholten, bestätigen das Auftreten von Anästhesie nach Zerstörung der Hippocampuswindung, doch erwies sich dieselbe ihnen weder komplett, noch von längerer Dauer. Wurde dagegen beim Affen ein Teil des Gyrus fornicatus (welcher bekanntlich in unmittelbarer Fortsetzung des Gyrus hippocampi gelegen ist und wie dieser einen Bestandteil des Lobus limbicus darstellt) entfernt, so trat sehr bedeutende und lang andauernde Anästhesie und Analgesie auf. Es ergab sich somit, dass dem Gyrus fornicatus für die Sensibilität eine grössere Bedeutung beizumessen ist, als der Hippocampuswindung. Die Schmerz- und Tastempfindung verlegen *Schäffer* und *Horsley* ihren Experimenten zufolge in den gesamten Lobus limbicus. Späterhin stimmte *Ferrier* dieser Anschauung bei, mit dem Bemerken, dass die Associationsbahnen zur motorischen Zone unter dem Gyrus fornicatus hinwegziehen: so erkläre sich die grössere Beteiligung dieser Windung an der Entstehung von Sensibilitätsstörungen.

Auch bei dem Menschen kommen Alterationen der Sensibilität in Fällen von Beschädigung des Gyrus fornicatus zur Beobachtung (*Salile*, *Muratoff*). In zahlreichen anderen klinischen Fällen standen solche Störungen mit Erkrankungen der Parietalwindungen im Zusammenhang.

Schliesslich können Affektionen der motorischen Rindenzone die Sensibilität in Mitleidenschaft ziehen. Meine späteren Untersuchungen an Affen, bei welchen die mangelhafte Perception der Haut- und Muskelsensibilität infolge des genannten Eingriffes sehr klar hervortritt, beweisen dies zur Genüge. Es lässt sich hierfür aber auch eine Reihe pathologischer Beobachtungen an Menschen mit Beschädigungen

*) *W. Bechterew*, Wratsch 1883, No. 30. Neurol. Centralbl. 1883, No. 18; vgl. auch „Physiologie der motorischen Zone der Hirnrinde“. Arch. f. Psych. 1887 u. Sep.-Ausgabe.

der motorischen Sphäre namhaft machen. Häufig erweisen sich hierbei allerdings noch andere Rindengebiete ergriffen, allein es fehlt nicht an Fällen, wo beim Menschen umschriebene Herde in den Centralwindungen mit Muskelparalyse und gleichzeitig mit sensorischen Defekten einhergingen. Reizungszustände in der motorischen Zone erzeugen, wie die Beobachtung solcher Fälle lehrt, in den kontralateralen Gliedmassen gewisse subjektive Störungen mit dem Gefühl der Vertaubung, Ameisenkriechen, seltener mit Schmerzhaftigkeit und Steifheit; Destruktionsvorgänge daselbst führen zu Ausfallserscheinungen, bestehend in Muskelparalyse, Abschwächung der Tast- und Schmerzempfindlichkeit und Herabsetzung des Muskelgefühles, wie die von *Horsley* mitgeteilten und die von mir bei Hirnoperationen am Menschen gemachten Beobachtungen darthun.

Wenn nun auf der einen Seite die Centra für Tast-, Schmerz- und Muskelgefühl sich über weit grössere Rindenflächen ausbreiten, als die der Motilität, und somit in topographischer Beziehung eine Identifizierung mit letzteren ausgeschlossen erscheint, so kann auf der anderen Seite allem zufolge nicht bezweifelt werden, dass in den sog. motorischen Centren eine ausserordentlich innige Association motorischer Impulse mit den entsprechenden Qualitäten der Haut- und Muskelsensibilität statthat. Eine solche Association findet ihre Begründung in dem Umstande, dass alle von der Rinde ausgelösten Bewegungen nicht nur mit einer gewissen regulatorischen Beeinflussung, sondern geradezu unter Kontrolle der genannten Sinnesqualitäten vor sich gehen müssen. *Horsleys* und meine Beobachtungen über circumscripte Zerstörung der motorischen Centra gewähren eine unmittelbare Vorstellung von der Innigkeit jener funktionellen Vergesellschaftung. Ist z. B. nur das Centrum des Daumens ergriffen, so findet sich neben Paralyse der Daumenmuskulatur taktile Anästhesie und das subjektive Gefühl der Vertaubung und Kälte im Gebiete dieses Fingers, mässige Hautreize werden fehlerhaft lokalisiert und die Lage des Daumens kann bei geschlossenen Augen nicht angegeben werden. Dass die erwähnten Sensibilitätsstörungen thatsächlich der motorischen Zone entstammen und nicht in anderen Rindengebieten, etwa im Lobus limbicus, zur Perception gelangen, geht daraus hervor, dass Reizung des in Rede stehenden Centrums — z. B. durch krankhafte Geschwülste — von abnormen Empfindungen in der Daumenhaut und weiter aufwärts in der Extremität begleitet wird; manchmal macht sich hierbei das subjektive Gefühl der Beweglichkeit in dem völlig gelähmten Daumen geltend. Wird die Reizquelle entfernt, so gehen die obigen Erscheinungen in Anästhesie über. Das motorische Rindenfeld besteht somit im Grunde aus einer Reihe sensitiv-motorischer Centra, wo unter Kontrolle der Haut- und Muskelsensibilität bestimmte Gliedmassen-

bewegungen zur Auslösung kommen. Reizung dieser Centra erzeugt Muskelkontraktionen und abnorme subjektive Empfindungen in den betreffenden (vorwiegend kontralateralen) Gliedmassen; Ausschaltung derselben bedingt zu gleicher Zeit Paralysen im Gebiete der Motilität und der Sensibilität.

Die im obigen betrachteten, verschiedenen Stätten der Hirnrinde entstammenden Ausdrucksbewegungen (Psychoreflexe) stehen wahrscheinlich ebenfalls in einem gewissen associierten Verhältnis zu der Haut- und Muskelsensibilität und zu gewissen specifischen Sinnesqualitäten (Gesicht, Gehör, Geruch und Geschmack, s. unten).

In der Endhirnrinde besteht offenbar eine analoge Association motorischer und sensibler Impulse, wie in den tiefer liegenden Hirnteilen. Zur Genüge bekannt ist z. B. die Bedeutung des sensiblen Reizes für das Reflexleben. Wie letzteres leidet auch die Motilität unter dem Einflusse von Alterationen der sensiblen Sphäre. Zum Beweise hierfür können einerseits zahlreiche klinische Beobachtungen namhaft gemacht werden. Andererseits führte in dem bekannten Experimente *Bells* Durchschneidung des rein sensiblen Nervus infraorbitalis beim Esel zu Paralyse der Oberlippe. Dieser die Bedeutung der Sensibilität für die motorischen Vorgänge illustrierende Versuch ist neuerdings von *Exner* und *Pineles* beim Pferde mit dem nämlichen Resultate wiederholt worden: infolge der Lippenlähmung erschien die Nahrungsaufnahme hochgradig behindert.

Den vorliegenden Verhältnissen hat hier eine etwas einlässlichere Darstellung gewidmet werden müssen, weil dieselben noch immer zu den vielumstrittenen Fragen der Physiologie gehören und als solche wohl noch zu weiteren Untersuchungen Anlass geben werden.

Von anderen genauer erforschten Rindencentren ist zu nennen das Sehcentrum im Occipitalhirn, bei dem Menschen vorwiegend der medialen Rinde des Hinterhauptlappens entsprechend, und das Gehörcentrum im Gebiete des Temporallappens, bei dem Menschen insbesondere den Gyrus temporalis primus und einen Teil des Gyrus temporalis secundus umfassend.

Jedes Sehfeld findet sich bei den höheren Tieren und beim Menschen mit den correspondierenden Seiten beider Netzhäute im Zusammenhang. Zerstörung eines Sehcentrums führt daher bei Tieren (Hund, Affe) sowohl, wie bei dem Menschen zu bilateraler Hemianopsie, nicht aber zu totaler Erblindung des kontralateralen Auges. Beim Hunde hat dieses Centrum in dem distalen Abschnitte der Endhirnrinde seine Lage; bei dem Affen umfasst es den gesamten Occipitallappen (*Munk*) mit dem Gyrus angularis (*Ferrier*). Nach pathologischen Befunden muss hauptsächlich die Rinde der ersten Hinterhauptwindung bezw. des Cuneus als Sehcentrum in Anspruch genommen werden.

Mit Bezug auf die Korrelation einzelner Netzhautfelder zu der Rinde ergeben sich aus neueren Ermittelungen Beziehungen der vorderen Abschnitte des Sehcentrums zu dem oberen Netzhautfelde, der hinteren des Sehcentrums zu dem unteren, der äusseren des Sehcentrums zu dem Aussenfelde der Netzhäute etc. Die Gegend der Macula lutea entspricht meinen Experimenten gemäss bei einigen Tieren (Kaninchen, Katze, Hund) einem besonderen Rindenfelde des kontralateralen Occipitalhirns, bei dem Menschen hinwiederum verteilen sich die Makulafasern, im Zusammenhange mit ihrer Kreuzung in dem Chiasma, fast gleichmässig auf beide Hemisphären.

Reizung des Sehcentrums löst ausgiebige Bewegungen, solche des Gyrus angularis seitliche Ablenkung der Augäpfel aus (*Ferrier*). Letztere kann aber auch von der gesamten Occipitalrinde hervorgerufen werden. Die Richtung der Ablenkung ändert sich mit der Reizstätte. Augenbewegungen und topographische Rindenprojektion der Netzhaut stehen in strenger Korrelation (*Schäfer*, *Munk* u. *Obregia*). Auf Reizung des vorderen Abschnittes des Sehcentrums beim Hunde erfolgen nach *Obregia* Aufwärtsbewegungen, auf Reizung des distalen Abwärtsbewegungen des Auges. Diese Bewegungen werden von dem genannten Forscher auf subjektive optische Empfindungen zurückgeführt. Ähnliche Versuche, die aber zu weniger bestimmten Ergebnissen geführt haben, sind in letzterer Zeit von *Herwer* in meinem Laboratorium angestellt worden. Meine eigenen Experimente an Affen haben mir gezeigt, dass Reizung der vorderen Teile des Occipitallappens Augenbewegungen nach oben und in entgegengesetzter Richtung, Reizung der hinteren Augenbewegungen nach unten und in entgegengesetzter Richtung, Reizung der übrigen Teile des Occipitallappens stets nur Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Richtung auslöst. Durch Reizung eines bestimmten Punktes an der lateralen Fläche des Occipitallappens gelang es mir auffallende Pupillenverengerung bei Auswärtsdrehung der Augen hervorzurufen, wogegen Reizung eines anderen benachbarten Punktes Erweiterung der Pupille zur Folge hatte.*) Reizung der Occipitallappen mit stärkeren Strömen können zu allgemeinen Convulsionen führen und zwar auch nach vorheriger Entfernung der motorischen Rindenzone. Hiernach würde das Sehcentrum einerseits die sensorielle Opticusleitung aufnehmen, andererseits aber einer centrifugalen Bahn zu den subkortikalen Centren den Ursprung geben.

Das Gehörcentrum findet sich beim Hunde in dem distalen Abschnitte des Schläfenlappens (*Munk*), bei den Affen im Gyrus tem-

*) Auch Reizung der Parietalrinde wurde bei meinen Versuchen an Affen von mannigfaltigen Bewegungen der Augäpfel begleitet. In der Parietalregion konnte ferner ein pupillenverengerndes und ein pupillenerweiterndes Centrum nachgewiesen werden.

poralis primus (*Ferrier*). Das Gehörcentrum des Menschen umfasst, in Gemässheit der vorhandenen klinischen Beobachtungen, die erste und einen Teil der zweiten Schläfenwindung. Nach neuerlichen, in meinem Laboratorium angestellten Untersuchungen von *Larionoff* lässt sich beim Hunde im Gebiete des Gehörcentrums eine ähnliche Tonskala nachweisen, wie in der Schnecke. Der temporale Abschnitt der zweiten äusseren Windung des Hundes beherbergt Centra für die unteren Oktaven (von *e* bis *A* und darunter), der gleiche Abschnitt der dritten Windung solche für die mittleren Oktaven (von *c* bis $c^2$) und die hintere Hälfte der vierten Windung solche für die hohen Töne (von $c^2$ und darüber). Teilweise Beschädigung der Schläfenwindungen führt daher nur zu partieller Taubheit für bestimmte Töne. Komplette Taubheit kommt beim Menschen augenscheinlich nur in Fällen von Zerstörung beider Centra vor. Dies deutet auf eine partielle Kreuzung der Gehörleitung hin, was ich durch eine Reihe klinischer Beobachtungen zu stützen vermag. Bei Taubstummen ist von mir in einzelnen Fällen Atrophie beider oberen Schläfengyri gefunden worden. Reizung der Gehörcentra und der anstossenden Rindengebiete führt nach meinen Ermittelungen bei Tieren zu verschiedenartigen, wie es scheint mit dem percipierenden Gehörapparat associierten Bewegungen (Aufrichtung, Seitwärtswendung etc.) der Ohrmuscheln.

Das sensorielle Riechcentrum wird von *Ferrier* in den Gyrus uncinatus des Temporalhirns verlegt. *Munk* findet dasselbe in der Windung des Ammonshornes. Eine gewisse Übereinstimmung dieser Ergebnisse ist aber insofern nicht zu verkennen, als ja eine der Wurzeln des Bulbus olfactorius am Vorderende des Ammonshornes in die Spitze des Schläfenlappens eindringt; zudem erscheint der Gyrus uncinatus als unmittelbare Fortsetzung des Ammonshornes.

Das Geschmackcentrum soll nach Ansicht einiger Forscher dem Riechcentrum benachbart, also im Ammonshorn seine Lage haben, allein es fehlt hier noch an bestimmten Beweisen. Bei dem Kaninchen findet *Schtscherbak* Geschmackcentra in Rindengebieten, die den Scheitelwindungen des Menschenhirns entsprechen, doch scheinen mir zu Untersuchungen über diese Centra höhere Geschöpfe, insbesondere Hunde und Affen am geeignetesten zu sein.

Nach Rindenläsionen distal von den Centralwindungen, im Gebiete des Scheitelhirns mit teilweiser Beschädigung der Gyri centrales selbst offenbaren die Versuchstiere ganz analoge Reitbahnbewegungen, wie im Anschlusse an Durchschneidung des vorderen Kleinhirnschenkels (*Bechterew*)*). Jene Rindenzone müsste sonach zweifellos eine centrale

*) Über Zwangsbewegungen nach Zerstörungen der Hirnrinde. *Virchows* Archiv 1885, Bd. 101. Die hier in Rede stehenden, in Gestalt von Paroxysmen auf-

Endstätte dieses Kleinhirnschenkels darstellen, in welcher Impulse, die von den Organen des Körpergleichgewichtes ihr zu fliessen, als Raumvorstellungen, als Empfindungen von den räumlichen Beziehungen unseres Körpers zur Aussenwelt, zur Perception gelangen.

Was die Funktion der Stirnlappen bezw. der vorderen Abschnitte derselben (Lobus präfrontalis) betrifft, so vermutete *Munk* hier Centra für den Rumpf. Aber weder Reizungsversuche, noch solche mit Zerstörung der frontalen Rindengebiete bestätigen diese Ansicht.*) *Ferrier* lokalisiert im Stirnlappen die Aufmerksamkeit, ein Satz, der von anderen Autoren, so von *Bianchi* nicht geteilt wird. Die Versuche des letztgenannten Autors deuten immerhin auf besondere Beziehungen des Stirnhirns zu den psychischen Thätigkeiten. Zu diesem Schlusse führen auch Versuche an Hunden, die Herr *Jassukowski* in meinem Laboratorium angestellt. Zweifellos erscheint ein Zusammenhang des Stirnhirns mit den höheren Geistesfunktionen, schon im Hinblicke auf die mächtige Entfaltung seiner Lappen bei dem Menschen.

Volle Beachtung verdient die Thatsache, dass je nach dem Orte einer Rindenläsion das Temperament der Versuchstiere in verschiedener Weise beeinflusst wird (*Goltz*). Beschädigt man einem sonst bösartig angelegten Hunde gewisse Teile der Rinde, so nimmt das Tier einen gutmütigen und sanften Charakter an. Bilaterale Zerstörung der Stirnlappen erzeugt hochgradige Reizbarkeit. Als Bestätigung hierfür können auch meine eigenen Versuchsergebnisse angeführt werden. Auf den Charakter und das Seelenleben überhaupt sind nach meinen Erfahrungen ausser dem Stirnhirn die Parietallappen und ein grosser Teil der Temporalwindungen vom Einfluss. Bilaterale Zerstörung der letzteren macht das Tier nicht allein sanft, sondern zugleich apathisch-schwachsinnig, während nach Fortnahme der Stirnlappen neben Schwachsinn manchmal eine besondere Reizbarkeit und Bösartigkeit der Versuchstiere auffällt. Diesen Beobachtungen können analoge Befunde aus der menschlichen Pathologie an die Seite gestellt werden.

An dem Gehirn eines Idioten fand ich keine anderen Veränderungen, als auffallende Atrophie der Stirnlappen, besonders auf der linken Seite. Ein anderes solches Idiotenhirn war ausgezeichnet durch Mangel der gesamten äusseren Oberfläche des linken Stirnhirns infolge von

---

tretenden Zwangsbewegungen sind nicht (nach dem Beispiele einiger Autoren) mit jenen Kreisbewegungen zu verwechseln, die bei unilateraler Zerstörung des motorischen Rindenfeldes beobachtet werden und auf unvollständige Paralyse der Extremitäten zurückgeführt werden dürfen.

*) Wie vorhin gezeigt wurde findet sich das Rumpfcentrum an dem oberen Teile der vorderen Centralwindung, nicht aber im vorderen Abschnitte des Stirnlappens.

Porencephalie. In einem dritten Falle hatte umfangreiche beiderseitige Erweichung des Stirnlappens zur Entwickelung von completem Schwachsinne geführt. Ähnliche Fälle könnten auch aus der Litteratur nahmhaft gemacht werden. Ferner giebt es Beobachtungen über Veränderungen des Charakters im Anschlusse an Beschädigungen des Stirnhirns. Hingewiesen sei hier nur auf das bekannte Beispiel jenes amerikanischen Bergmannes, dem bei einer Pulverexplosion ein mächtiger Eisensplitter, in den Stirnlappen eingedrungen, den Schädel total durchborte. Auf der anderen Seite kenne ich Fälle, wo komplete Idiotie in Abhängigkeit stand von ausgedehnten beiderseitigen Sklerosierungen der parietalen und eines Teiles der temporalen Windungen bei Unversehrtheit der übrigen Rindengebiete.

Alle diese Thatsachen finden sich in bestem Einklange mit *Flechsig*s neuer Lehre von den sog. Associationscentren, die in entwickelungsgeschichtlichen Gehirnuntersuchungen ihre wesentlichsten Grundlagen besitzt.

Nach den Ermittelungen *Flechsig*s sind die zwischen den Sinnesfeldern eingeschalteten Rindengebiete von Associationsfasern eingenommen und müssen als Associationscentra aufgefasst werden. Letzteren fällt, wie die Ergebnisse der Entwickelungsgeschichte, der vergleichenden Anatomie und Pathologie bezeugen, im Verhältnisse zu ersteren eine höhere funktionelle Bedeutung zu. Solcher Associationscentra sind (*Flechsig*) zwei zu unterscheiden*), nämlich ein grösseres distales oder parieto-occipito-temporales zwischen dem Tast-, Gehör- und Sehcentrum, zum Teil noch zwischen der Seh- und Hörsphäre und dem Gyrus hippocampi, und ein kleineres frontales Associationscentrum im Stirnlappen. In dem hinteren Centrum werden Vorstellungen mit Wortbildern, Schrift- und Klangbilder mit den zugehörigen Vorstellungen associiert. Kranke mit Beschädigungen dieses Centrums können wohl Empfindungen aufnehmen, sind aber nicht imstande, die entsprechenden Erinnerungsbilder festzuhalten. Das frontale Centrum hat innige Beziehungen zu der Körperfühlsphäre. Erkrankungen desselben bedingen hauptsächlich Ausfall der allgemeinen Begriffe bei Erhaltung des Vorstellungsvermögens. Infolgedessen bekunden die Kranken eine mehr oder minder tiefe Erschütterung der Persönlichkeit, des Ich-Bewusstseins, sie vergessen sich gewissermassen selbst mit dem Verluste des Selbstbewusstseins. *Flechsig* neigt zu der Annahme, die Zellen der Associationssphären seien Träger der Erinnerungsbilder, die übrigen Rindenzellen Träger von Empfindungen. Letztere wären demnach als Organe des Gefühlslebens, erstere

*) *Flechsig* unterschied ursprünglich drei Associationssphären, doch ward von ihm das dritte, welches er in die Insula Reilii verlegte, später als nicht selbständig erkannt.

als solche der Verstandesthätigkeit aufzufassen.*) Dieser gewiss geistvollen und ausserordentlich fruchtbringenden Hypothese gegenüber fehlt es aber nicht an Stimmen, die jener Auffassung von der Bedeutung der zwischen den Sinnesfeldern belegenen Rindengebiete als besonderer Associations- oder Seelencentra zuwidergehen. Diese Gebiete dienen nach einigen Forschern (*Obersteiner*) nur zur Verknüpfung der übrigen Centra und gleichzeitig als Ursprungsstätten der Projektionsbahnen.

Ich selbst muss auf Grundlage der oben angedeuteten Beobachtungen und einer ganzen Reihe anderer klinischer Thatsachen auf dem Gebiete der sensorischen Aphasie, der optischen Aphasie, der sog. Agnosie oder Apraxie u. s. w. mit Hinweglassung aller unnötigen Einzelheiten hervorheben, dass sowohl das hintere wie das vordere Associationscentrum *Flechsig*s gewissermassen Mittelpunkte rein psychischer Vorgänge darstellen oder genauer als eigentliche Seelencentren, als Ursprungsstätten der Vorstellungen und Begriffe zu erscheinen haben. Das frontale Associationscentrum scheint mir dank seinen auf die übrigen Rindenfelder ausgeübten Hemmungswirkungen die eigentlich leitende Rolle in der gesamten psychischen Thätigkeit der Rinde zu übernehmen. Durch den von Einigen geführten Nachweis des Zusammenhanges der Associationscentra mit den subkortikalen Gebieten erfährt meiner Ansicht nach die hohe Bedeutung der ersteren für das Seelenleben keinerlei Einbusse.

Es ist unschwer zu erkennen, wie sehr die Lehre von den Lokalisationen in der Grosshirnrinde sich noch in den ersten Anfängen befindet. Mit dem Gewinne des bisher Errungenen kann und soll man nicht im entferntesten der Ansicht sein, dass mit der Ermittelung bestimmter Hirncentra die gesamte Funktion der entsprechenden Rindengebiete völlig erschöpft sei. Im Gegenteile, es steht der Möglichkeit nichts im Wege, dass die physiologische Forschung am Orte oder annähernd am Orte der bisher dargestellten Centra zukünftig neue, noch nicht bekannte Centra werde zu Tage fördern. Auch würde man, wie mich dünkt, fehlgehen, wenn man der Vorstellung von einer bestimmten topographischen Abgrenzung der einzelnen Rindencentra Raum gäbe. Vielmehr wird ein und der nämliche Rindenbezirk, vermöge der bestehenden vielseitigen Verknüpfungen mit der Körperperipherie, gleichzeitig verschiedenen Funktionen dienen können. Dies ist nicht nur möglich, sondern geradezu wahrscheinlich. Wie anders könnte jener vergleichungsweise winzige Rindenbezirk, der sich auf den Gyrus sigmoideus bezw. die Centralwindungen und deren nächste Umgebung beschränkt, sämtliche Centra der Motilität und

*) *P. Flechsig*, III. Kongress für Psychologie in München 1896.

Sensibilität für die Gliedmassen, die motorischen Centra der verschiedenen inneren Körperorgane (Herz, Gefässe, Magendarmkanal, Scheide, Harnblase u. s. w.), die respiratorischen und vasomotorischen Centra und noch viele andere gleichzeitig in sich beherbergen.

Aber noch ein weiterer Umstand verdient Berücksichtigung. Die Gehirnrinde ist nicht als einheitliches Organ mit Ursprungsstätten für centrifugale und Endstätten für centripetale Leitungsbahnen aufzufassen, sondern stellt sich gewissermassen als weiter Organkomplex dar. Jedem solchen Rindenorgan hinwiederum entsprechen sensible sowohl, wie motorische Centra, sei es auf unmittelbar benachbarten, sei es auf gemeinschaftlichen Rindenterritorien. Der Aufbau




Fig. 397.

Frontalschnitt der rechten Hemisphäre in der Gegend der Endhirnganglien und der inneren Kapsel. *nc* Nucleus caudatus; *Stc* Stria cornea; *th* Thalamus opticus; *ci* Capsula interna; *ce* Capsula externa; *nl* Nucleus lenticularis; 1, 2 die beiden inneren Glieder des Linsenkerns: Globus pallidus; 3 das äussere Glied des Linsenkerns: Putamen; *cl* Claustrum; *lmi*, *lme* Lamina medullaris interna und externa. — Karminpräparat.

des höchsten Centralorganes erscheint von diesem durch viele Thatsachen gestützten Gesichtspunkte aus in einem ganz neuen Lichte; noch mehr wird dies der Fall sein, wenn die verschiedenen Leitungsbahnen des Hirns zur Darstellung gelangt sind.

Zu den subkortikalen Endhirnganglien gehört der Nucleus caudatus (Fig. 397 *nc*, Fig. 398 *cnc*, *canc*) nebst dem dritten oder lateralen Gliede des Linsenkernes, dem Putamen (Fig. 397 und Fig. 398 *nl*).

Beide Kerne, aus einer zellhaltigen Grundsubstanz, kleinen Nervenzellen und zahlreichen Markfasern aufgebaut, gehen kontinuierlich in

einander über und können im Hinblicke hierauf auch zusammen als Corpus striatum aufgeführt werden. Das ganze Gebilde erscheint wie eine in die Tiefe gesunkene Hirnwindung, welche einerseits an die Substantia perforata anterior anstösst, andererseits in die Höhlung des Unterhornes hineinragt.

Die physiologische Bedeutung dieser zweifellos hochwichtigen Gehirnteile liegt leider noch völlig im Dunkeln. Viele Forscher, wie *Ferrier*,

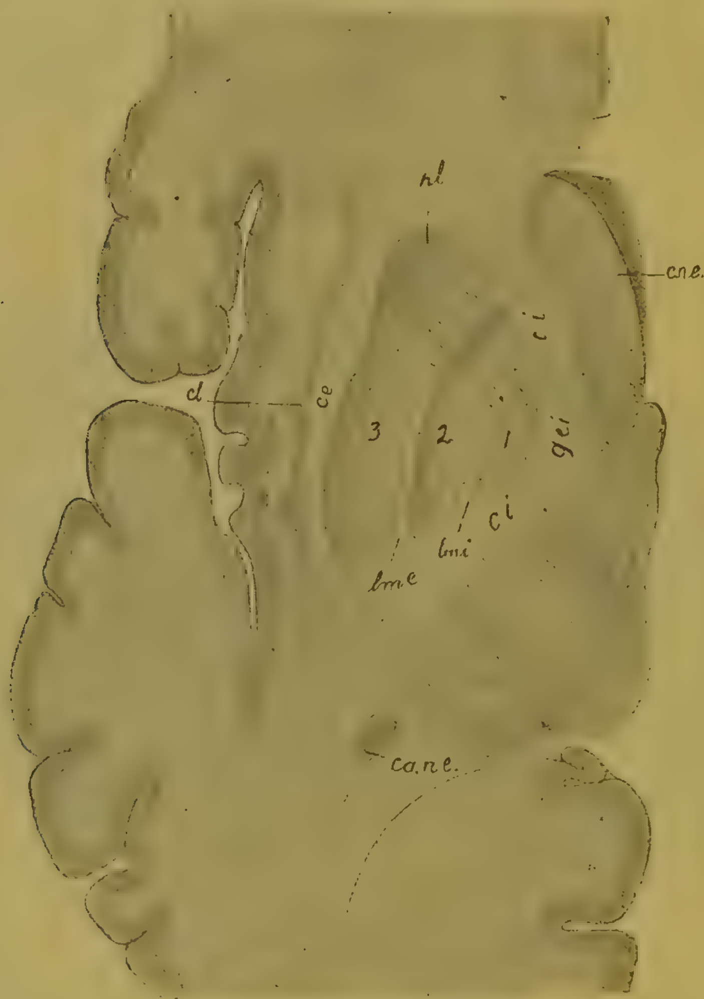



Fig. 398.
Horizontalschnitt der linken Hemisphäre im Gebiete der Endhirnganglien und der inneren Kapsel. Behandlung nach *Weigert*. *cne* Corpus nuclei caudati; *cane* Cauda nuclei caudati; *nl* (1, 2, 3) Linsenkern mit seinen drei Gliedern; *lmi*, *lme* Laminae medullares interna und externa; *ci* Capsula interna; *gci* Knie der inneren Kapsel; *cl* Claustrum.

*Carville*, *Duret* und *Sanderson* beobachteten bei Reizung des Schweifkerns komplizierte Gliedmassenbewegungen der kontralateralen Körperhälfte, was sie zu der Annahme führte, das Ganglion sei überhaupt motorischer Natur. Dagegen fanden andere Autoren, wie *Glicki* und *Minor*, den Streifenhügel elektrisch total unerregbar. Volle Beachtung scheinen mir insbesondere die Versuche des letztgenannten Autors zu verdienen, da hier die Irritation des Nucleus caudatus nach geschehener Abtragung

der motorischen Rindenzone und konsekutiver Degeneration der Pyramidenbahn stattfand, eine Mitreizung der letzteren also von vornherein ausgeschlossen war. Auch ich konnte mich bei ähnlicher Versuchsanordnung wiederholt von der Unerregbarkeit des Nucl. caudatus überzeugen, wenigstens bei Applikation mässiger Ströme.

Nach Angaben von *Magendi*, *Schiff* und *Nothnagel* treten nach Zerstörung des Corpus striatum bezw. des Nucleus caudatus eigenartige Zwangsbewegungen auf, wobei die Versuchstiere in nach vorne gerichteter Bahn hineilen. Ähnliche Zwangsbewegungen nach vorne sind von mir bei Operationen in der Gegend des III. Ventrikels beobachtet worden. Dass es sich in beiden Fällen um Irritation der nämlichen Hirnteile gehandelt habe, ist wohl sehr naheliegend. Jedenfalls darf aus jenen Beobachtungen auf einen Zusammenhang des Corpus striatum mit der Koordination der Lauf- und Gehbewegungen geschlossen werden, ein Schluss der bei Berücksichtigung der anatomischen Beziehungen dieses Ganglions zu den Brückenkernen bezw. zum kleinen Gehirne (s. unten) noch mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Auch die pathologischen Befunde scheinen dies zu bestätigen. Bei Affektionen des Corpus striatum kommt in der Regel Paralyse der kontralateralen Körperhälfte zur Beobachtung, die allerdings, dank dem Vorhandensein anderer beim Gehakte wesentlich beteiligter Leitungen, in der Mehrzahl der Fälle keine andauernde zu sein pflegt.

In neuerer Zeit wird ferner auf die Bedeutung des Nucleus caudatus für die Gefässinnervation hingewiesen. Experimentelle Reizung desselben hat in der That Gefässkontraktion in der gekreuzten Körperhälfte zur Folge, während bei Zerstörung des Ganglions durch pathologische Hirnprozesse wiederholt vasomotorische Paralyse der kontralateralen Gliedmassen beobachtet worden ist. Doch ist der Nucleus caudatus nicht das einzige vasomotorische Centrum an der Hirnbasis; vielmehr sind hier, wie ich auf experimentellem Wege nachweisen konnte, insbesondere die Thalami von hoher Bedeutung.

Bei der Frage nach den Funktionen des Corpus striatum ist von einigen auch das anatomisch-embryologische Verhalten dieses Ganglions hervorgehoben worden. Der Nucleus caudatus und das Putamen des Linsenkerns sind nämlich der Rinde sehr nahe stehende Gebilde, ja sie werden geradezu als modifizierte Endhirnrinde aufgefasst. Allein es erscheint mir dieser Gesichtspunkt wenig geeignet, zu einer Lösung jener Frage beizutragen; können doch die Funktionen trotz unzweifelhafter anatomischer Verwandtschaft unter Umständen sehr verschiedenartig sein.

Von den Gehirnnerven steht nur das erste Paar in nächster Beziehung zu den Hemisphären. Seine Fasern treten bei dem Menschen in den an der Basis des Stirnlappens liegenden Bulbus olfactorius

(Fig. 400) ein, welchem der Lobus olfactorius vieler Tiere entspricht (Fig. 412).

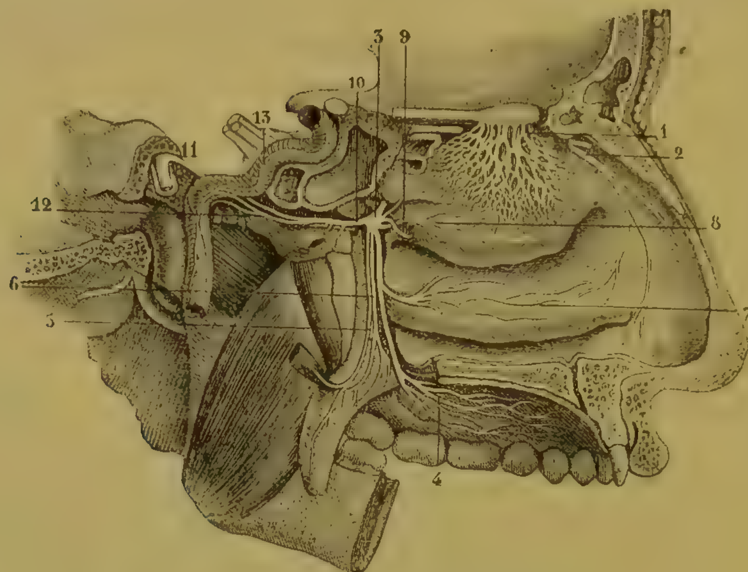



Fig. 399.

Nerven der lateralen Wand der Nasenhöhle und des Gaumens. Man erkennt den Plexus der Fila olfactoria lateralia (1) in der Schleimhaut der oberen Muschel und den Zusammenhang derselben mit dem Bulbus olfactorius. $^3/_5$. Nach *Hirschfeld* und *Leveillé*.

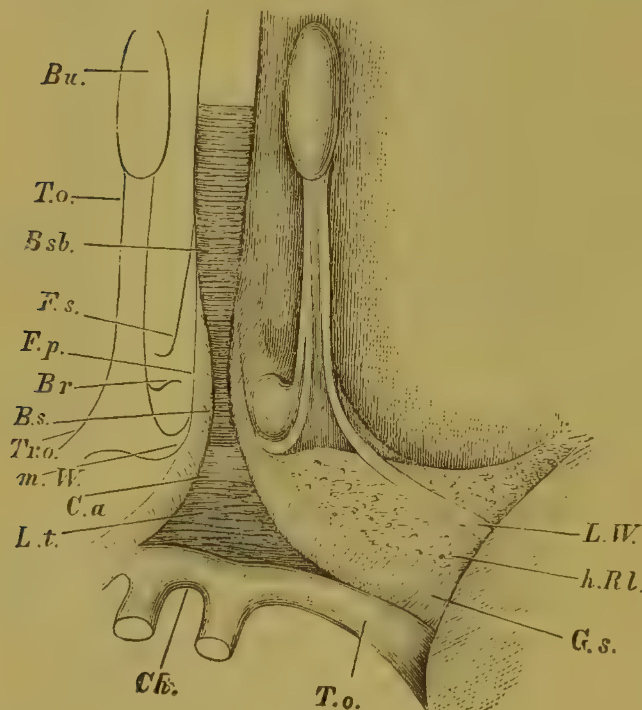



Fig. 400.

Riechlappen des menschlichen Gehirns. Nach einem frischen Präparat entworfen. *Bu* Bulbus olfactorius; *T.ol.* Tractus, *Tr.o.* Trigonum olfactorium; *Bsb* Balkenschnabel; *Bs* Balkenstiel; *Br* Area Brocae; *F.p.* Fissura prima; *F.s.* Fissura serotina; *C.a.* Commissura anterior; *L.t.* Lamina terminalis; *Ch.* Chiasma opticum; *T.o.* Tractus opticus; *Gs* Ende des Gyrus subcallosus; *h.Rl.* hinterer Riechlappen; *L.W.* laterale, *m.W.* mediale Wurzel des Tractus. Nach *His*.

Als eigentliches peripheres Geruchsorgan erscheint die Membrana olfactoria s. Schneideri der Nasenhöhle. Dieselbe enthält zwei Arten von Zellen: 1. Epithel- oder Stützzellen von prismatischer Form und mit Façetten oder Vertiefungen an den Rändern; 2. bipolare Nervenzellen in den Façetten der Stützzellen; sie stellen die eigentlichen Riechzellen (Fig. 403) dar. Die Körper der letzteren werden fast ganz von dem Kern eingenommen; von der zarten Protoplasmahülle geht nach aussen und innen nur je ein Fortsatz. Der äussere Fortsatz erscheint dick und kurz und hört mit stumpfem Ende frei

an der Oberfläche der Riechmembran auf; der feinere, aber längere innere Fortsatz verläuft centralwärts und geht am inneren Rande der Membrana Schneideri in ein Filum olfactorium über. Dieses dringt durch die Lamina cribrosa (Fig. 401 *lcr*; vgl. auch Fig. 403) in die Schädelhöhle, wendet sich zu dem aus Riechfasern gebildeten Geflecht am Lateralrande des Bulbus olfactorius und geht schliesslich unter Entwickelung zahlreicher Reiser (Fig. 404 u. 405 *b*, *b*) in einen der Glomeruli desselben über.

Der **Bulbus olfactorius**, bei vielen Geschöpfen zu einem besonderen Lappen auswachsend, erscheint von birnförmiger Gestalt und verbindet sich von der basalen Fläche her mit dem Vorderhirn.

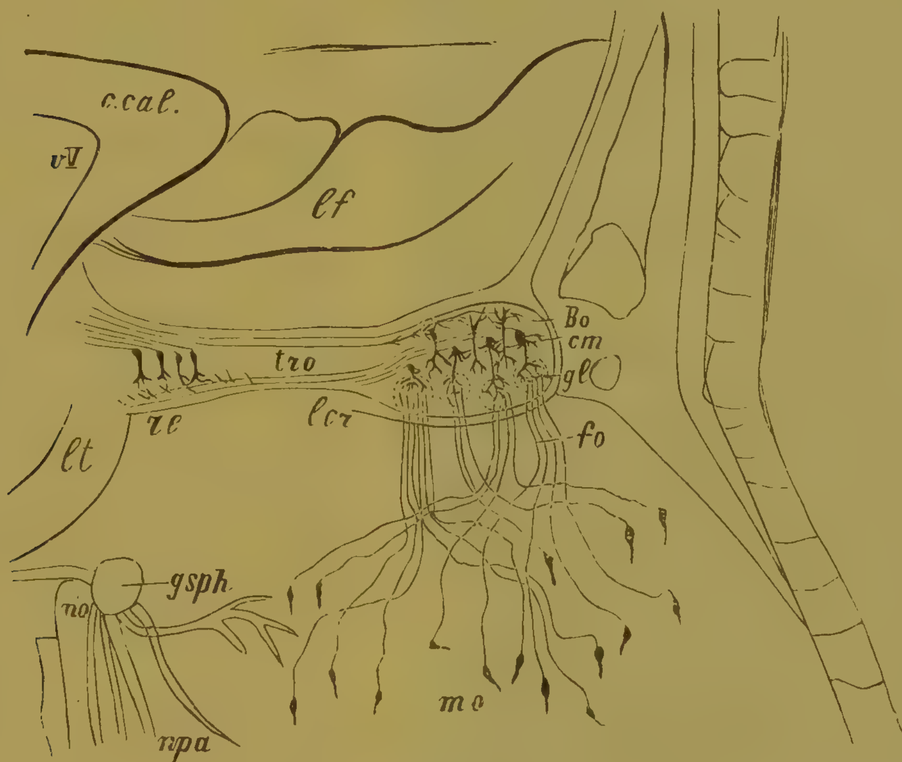



Fig. 401.

Schema des Verlaufes der Olfactoriusbahnen von der *Schneider*schen Membran zur Rinde des Schläfenlappens. *mo* Membrana olfactoria; *fo* Fila olfactoria; *lcr* Lamina cribrosa; *Bo* Bulbus olfactorius; *gl* Glomerulus olfactorius; *cm* Mitralzellen; *tro* Tractus olfactorius; *re* laterale Olfactoriuswurzel; *lt* Schläfenlappen; *gsph* Ganglion spheno-palatinum; *no* Nervus vidianus; *npa* Nervus palatinus anterior; *lf* Stirnlappen; *c.cal* Genu corporis callosi; *vV* Ventriculus quintus.

Sein centraler Markkern weist einen Kanal auf (Fig. 406), welcher beim Menschen obliteriert, bei den Säugetieren sich frei in die Höhlung des Seitenventrikels öffnet. Vorne, hinten und teilweise auch oben breitet sich eine Schicht grauer Rinde aus, nur der allerdistalste Abschnitt des Bulbus entbehrt dieser Umhüllung und liegt der Unterfläche des Stirnlappens unmittelbar an. In der Gruppe der Nager tritt auch hier eine Schicht grauer Substanz auf, doch steht dieselbe nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Bulbus, sondern stellt gewissermassen einen selbständigen accessorischen Lobulus olfactorius vor.

In dem Bulbus olfactorius können folgende fünf Schichten unterschieden werden (Fig. 402): 1. Die Schicht der *Remak*schen Fila olfactoria. 2. Das Stratum glomerulosum, enthält eine oder mehrere Reihen besonderer glomerulusartiger Gebilde. 3. Das Stratum moleculare s. gelatinosum, entspricht der ersten Schicht anderer Gebiete der Hirnrinde und enthält zerstreute Nervenzellen von geringer Grösse. 4. Die Lage der grossen sog. Mitralzellen, deren Gipfelfortsätze zu dem Stratum glomerulosum hinziehen. 5. Das Stratum granulosum, bestehend aus einem Geflecht markhaltiger, in die weisse Substanz des Bulbus übergehender Nervenfasern mit eingelagerten Häufchen kleiner Nervenzellen.

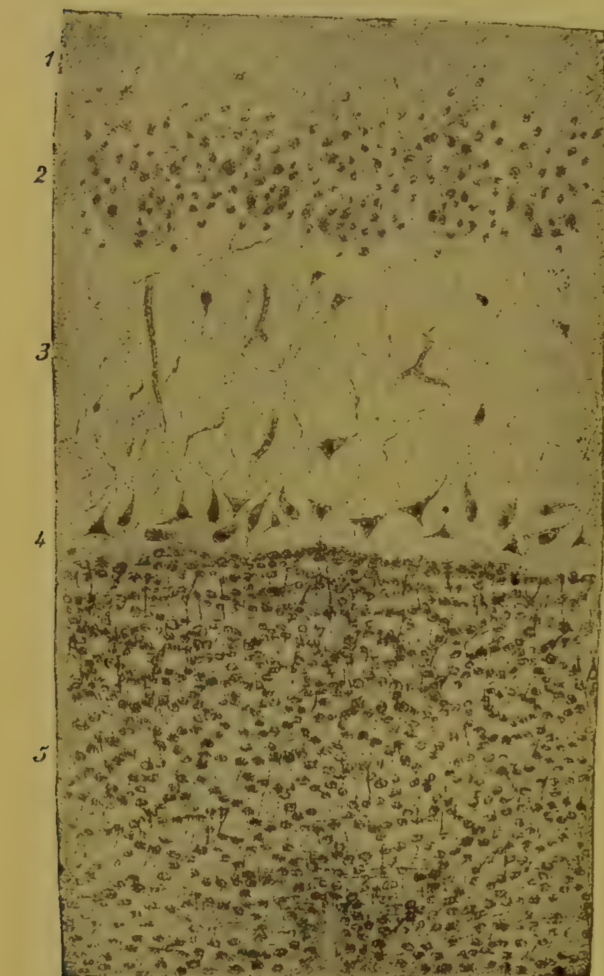



Fig. 402.
Schnitt durch den Bulbus olfactorius des Hundes. Die Ziffern links weisen auf die einzelnen Schichten hin. Karminpräparat.

Viele Besonderheiten im Aufbaue des Bulbus olfactorius, das Verhalten der Nervenfasern zu den Nervenzellen u. a. m. sind nur mit Hilfe des *Golgi*schen Verfahrens erkennbar. Eine ganze Reihe von Untersuchungen über diesen Gegenstand verdanken wir zunächst *Golgi* selbst, dann aber *Ramón y Cajal*, *v. Kölliker*, *van Gehuchten*, *Mertin*, *Ponjatowski* u. A. Unlängst ist der histologischen Struktur des Bulbus olfactorius von *F. Teljatnik* in meinem Institute eine Arbeit gewidmet worden. Teils Präparate dieses letzteren, teils eigene Untersuchungen und Beobachtungen werden von mir der folgenden Darstellung zu Grunde gelegt.

Die fibrilläre Schicht besteht ausschliesslich aus einem dichten Geflecht von Bündeln *Remak*scher Fasern, die hier nach den verschiedensten Richtungen des Raumes verlaufen (Fig. 405 *A*, Fig. 402). Die einzelnen Fäserchen, meist von welligem Verlaufe, gehen nicht selten aus einem Bündel in ein anderes über; Teilungen derselben sind während ihrer gesamten Bahn bis zu ihrer Endverästelung in den Glomeruli gewöhnlich nirgends vorhanden.

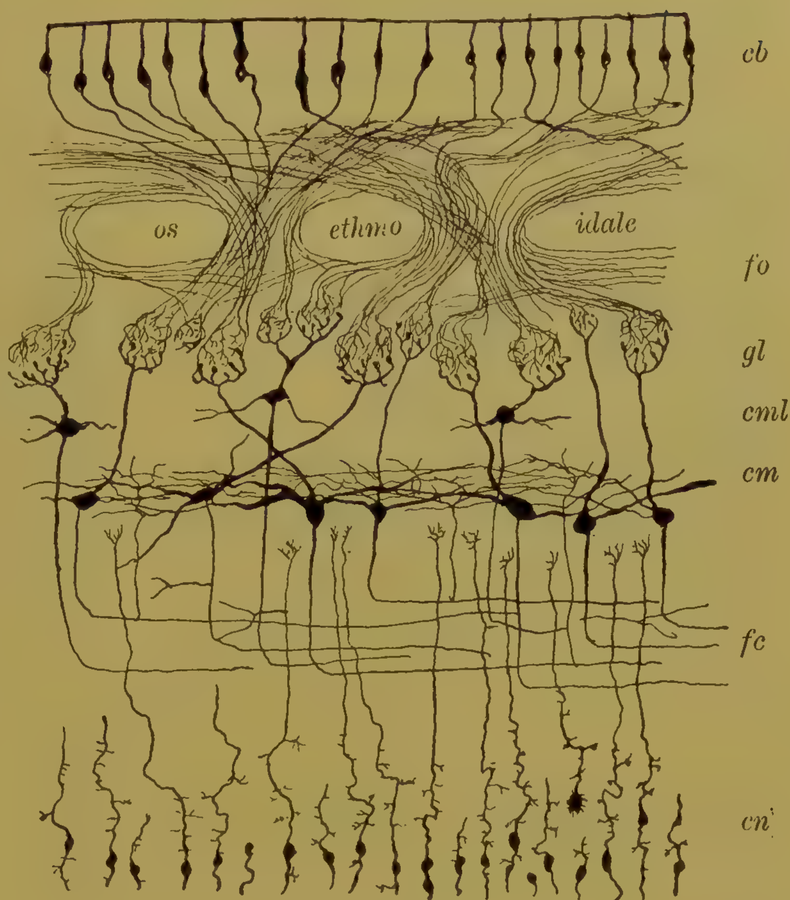



Fig. 403.
Die Nervenzellen des Bulbus olfactorius und ihr gegenseitiges Verhalten. *cb* Bipolarzellen; *fo* Nervenfaserschicht; *gl* Glomeruli olfactorii; *cml* Molekularzellen; *cm* Mitralzellen; *fc* Körnerschicht mit Neuriten der Mitral- und Molekularzellen; *cn* Schicht der Neurogliazellen.

Das Stratum glomerulosum ist ausgezeichnet durch den Besitz ansehnlicher ovoider oder kugelförmiger Gebilde — Glomeruli olfactorii. Hier treffen die Riechfäden auf Dendriten von Nervenzellen der folgenden Schichten (Fig. 404 und 405*a*). Die Beziehungen der Glomeruli zu den Riechfäden sind sehr innige; nur über der Schicht der Fila kommen sie vor und nehmen dort, wo diese reichlicher auftreten, an Grösse sowohl wie an Zahl merklich zu. Sämtliche Fila olfactoria treten schliesslich in die Glomeruli ein und zeigen hier eine nahezu rechtwinkelige vielfache Aufzweigung. Wenn letztere manchmal ausserhalb eines Glomerulus vor sich geht, so geschieht dies stets in grösster Nähe desselben; zuweilen treten hierbei die Äste eines Filum zu zwei verschiedenen Glomeruli (Fig. 405*b*). In bemerkenswerter Weise behalten die Äste der Fila olfactoria die Stammesdicke unverändert oder fast unvermindert bei, ganz im Gegensatze zu dem

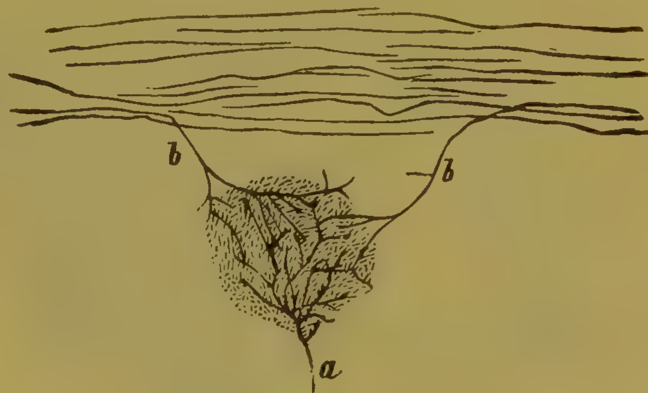



Fig. 404.
Aus dem Riechlappen eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi.* Nach einem Präparate von *F. Teljatnik.* *a* Fortsatz einer Mitralzelle mit Verästelung in einem Glomerulus; *b*, *b* Riechfäden und deren feinste Endreiser im Glomerulus.

Verhalten der Dendriten im Glomerulus, deren Dicke mit fortschreitender Verästelung merklich abnimmt.

Die Dendriten der Glomeruli olfactorii stammen aus zwei verschiedenen Quellen, nämlich aus Zellen der Molekularschicht und aus Mitralzellen. Indem sie sich mit Ästen der gleichfalls hier eintretenden Fila olfactoria durchflechten, entstehen innige Beziehungen zwischen letzteren und den genannten Zellelementen. Andere aus den Glomeruli centralwärts verlaufende Fasern, wie solche von *Golgi* angenommen wurden, kommen nicht vor. Zuweilen finden sich in dem Innern der Glomeruli kleine Nervenzellen von ganz analoger Form und Grösse, wie die der Molekularschicht. Dieselben besitzen ausser einem gegen das Stratum moleculare und noch weiter vordringenden Neuriten einen einzigen Dendriten, der sich im Glomerulus in der verschiedensten Weise verästelt und mit eintretenden Riechfäden ein dichtes Geflecht bildet, in völliger Analogie mit den Elementen des Stratum granulosum und mitrale.

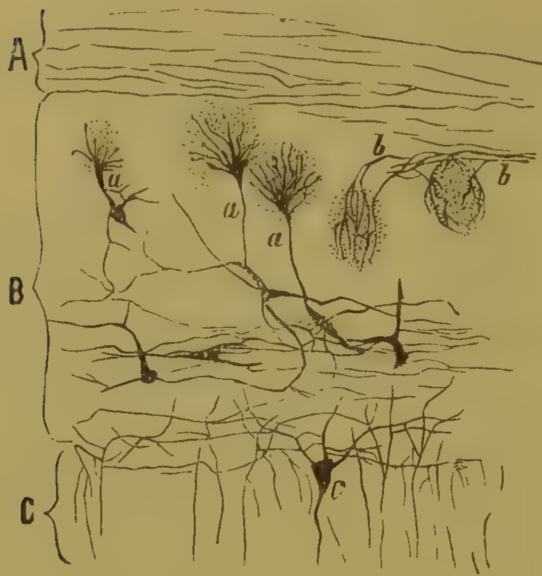



Fig. 405.
Durchschnitt des Lobus olfactorius eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi*-Methode. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *A* Schicht der Riechfäden; *B* Stratum moleculare s. gelatinosum; *C* Stratum granulosum; *a, a, a* Fortsätze von Zellen der Molekularschicht nebst Verästelung in je einem Glomerulus; *b, b* zwei Fila olfactoria und ihre Endgeflechte in den Glomeruli, jedes mit Ästchen zu zwei verschiedenen Glomeruli; *c* Mitralzelle.

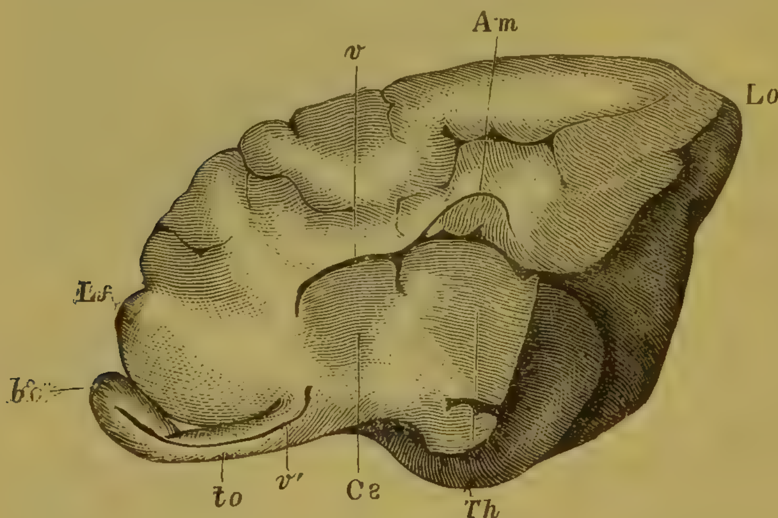



Fig. 406.
Sagittaldurchschnitt des Hundegehirns. *Lf* Stirnlappen; *Lo* Hinterhauptlappen; *v* Ventriculus lateralis; *Am* Cornu Ammonis; *Th* Thalamus; *Cs* Corpus striatum; *bo* Bulbus olfactorius; *to* Tractus olfactorius; *v'* Höhle des Riechlappens.

Ausser den genannten Geflechten enthalten die Glomeruli olfactorii zahlreiche, an Karminpräparaten leicht kenntliche Gefässe und eine

feinkörnige Substanz, welche mit der darunterliegenden Molekularschicht in jeder Hinsicht übereinstimmt.

Das Stratum moleculare zeigt eine grosse Anzahl kleiner Nervenzellen neben Nervenfasern und Zellfortsätzen. Dazu kommen Gefässe und Neuroglia. In dem oberen oder äusseren Abschnitt dieser Lage überwiegen die zelligen, in der unteren (inneren) die fibrillären Elemente. Unter den Zellen treten besonders solche hervor, die einen ihrer Dendriten an einen Glomerulus abgeben und ihn sich hier baumförmig aufzweigen lassen. Solche Elemente, teils von ovaler, spindelähnlicher oder dreieckiger Gestalt, teils von abgerundeten oder eckigen Kontouren, finden sich in der Umgebung der Glomeruli oder auch in grösserem Abstande davon. Im Zusammenhange hiermit zeigt der im Glomerulus sich verästelnde Protoplasmafortsatz verschiedene Länge. Während seines Verlaufes giebt er oft einige Seitenreiserchen ab. In seltenen Fällen teilt er sich in zwei Äste, die je in einen benachbarten Glomerulus eindringen. Ausser ihm wird zuweilen noch ein zweiter Dendrit, aber nicht an einen Glomerulus, sondern in das Stratum moleculare hinein abgegeben. Der ausserordentlich feine Neurit dieser Zellen durchsetzt für gewöhnlich unter mässiger Entwickelung kollateraler Reiser die gesamte Molekularlage.



Fig. 407.
Eine Zelle aus dem Stratum moleculare, unmittelbar oberhalb des Geflechtes der Mitralzellen. Von der neugeborenen Katze. *Golgi*-Methode.

Die Unterscheidung der Fila olfactoria von den Dendriten der Molekularschicht in den Glomeruli olfactorii bereitet in der Regel keinerlei Schwierigkeiten. Jene stellen ein dichtes Geflecht feiner Fäserchen dar und verlaufen grösstenteils deutlich am Rande des Glomerulus, diese erscheinen von der Form eines Endbusches oder Endbäumchens, dessen Reiser das Innere des Glomerulus ganz oder doch grösstenteils durchsetzen.

Zwischen den Glomeruli olfactorii kommen in der feinkörnigen Schicht zuweilen ovale Zellen mit horizontaler Längsachse vor. Beiderseits geht von ihnen je ein Dendrit zu einem nachbarlichen Glomerulus ab, während der Neurit an der Mitte des Zellkörpers entspringt und absteigenden Verlauf einschlägt (*Teljatnik*). Andere Zellen des Stratum moleculare ermangeln überhaupt der Beziehungen zu den Glomeruli. Teils sind es spindelförmige oder ovale, teils sternförmige Elemente. Jene liegen horizontal, entwickeln auf jeder Seite einen verästelten Dendriten (Fig. 407) und senden ihre Neuriten aus der Mitte des Zellleibes für gewöhnlich einwärts gegen die Schicht der Mitralzellen. Sternförmige

Elemente sind bisweilen in der Tiefe der Molekularlage und zwar meist innerhalb des von den Dendriten der Mitralzellen erzeugten Geflechtes anzutreffen. Ihrem abgerundeten oder ovalen Körper entspriessen in der Regel zahlreiche strahlenförmige Dendriten; der verästelte Axencylinder verliert sich meist in der Mitralzellenschicht. Schliesslich sind von mir in dem Stratum moleculare freie aus der Tiefe des Bulbus olfactorius stammende Nervenramifikationen nachgewiesen worden.




Fig. 408.
Aus dem Lobus olfactorius der Katze. *Golgi*-Methode. *g*, *g*, *g* intraglomerulöse Dendritenverästelungen von Mitralzellen; *a'* Seitenast des Dendriten *a* zu einem Nachbarglomerulus; *m*, *m* *m* Mitralzellen; *p* Fasergeflecht über der Schicht der Mitralzellen; *f* freie Nervenendigungen im Stratum moleculare und granulosum; *b*, *b* Endbüschel aus Zellen des Stratum granulosum.

Die Schicht der Mitralzellen ist ausgezeichnet durch den Gehalt pyramidenförmiger bezw. dreieckiger Zellelemente (Fig. 408*m*) mit innerer Spitze und oberer Basis. Aus den basalen Ecken verläuft nach den Seiten hin bezw. schräg von unten nach oben gewöhnlich je ein mit sekundären Verästelungen ausgestatteter Protoplasmafortsatz. Ein weiterer solcher Fortsatz, von auffallender Stärke, entspringt aus der aufwärts gewendeten Zellbasis; auf seiner peripheriewärts gerichteten Bahn geht derselbe unter Abgabe von 1—2 Seitenästchen an die Molekularlage mittelst eines Endbusches in einen der Glomeruli über (Fig. 408*a*), besitzt somit eine ähnliche Endverästelung, wie die Glomerulusfortsätze der Elemente des Stratum moleculare. In einigen Fällen kommt der Glomerulusfortsatz der Mitralzellen nicht aus der Zellbasis selbst, sondern aus einer der Ecken derselben und erscheint dann als Ast eines angulären Dendriten. Manchmal tritt er in einen Glomerulus ein, in welchem sich ein ebensolcher Fortsatz aus der Molekularlage aufzweigt. In seltenen Fällen endlich zerfällt er bereits

innerhalb der Molekularschicht in zwei starke Äste und lässt diese mit ihren Endramifikationen sich in zwei benachbarten Glomeruli auflösen (Fig. 408 *a'*).

Die Neuriten der Mitralzellen, meist aus dem einwärts gerichteten Zellgipfel hervorgehend (Fig. 409 *a*), ziehen durch die Körnerschicht zum Marke des Bulbus olfactorius. Einige Kollateralen, die auf diesem Wege unter rechten Winkeln abgegeben werden, kehren grösstenteils nach oben zurück und endigen frei in der Molekularlage. Neben dem Neuriten entsendet die untere Spitze der Mitralzelle in seltenen Fällen gleichzeitig einen Protoplasmafortsatz; derselbe verästelt sich teils im Stratum granulosum, teils im Stratum mitrale.

Ausser den geschilderten typischen Mitralzellen kommen abgerundete oder ovale solche Elemente mit horizontaler Längsachse vor. Manchmal werden in der Tiefe des Stratum moleculare Mitralzellen angetroffen.

Infolge der ausserordentlichen Länge der schrägen angulären Dendriten der Mitralzellen entsteht über letzteren ein wahres Fasergeflecht (Fig. 409 *A*). An der Bildung dieses Plexus beteiligen sich ausserdem Dendritenfortsätze der hier zuweilen auftretenden Horizontalzellen des Stratum moleculare, Kollateralen von Mitralzellneuriten, einwärtsziehende Achsencylinder von Elementen der Molekularlage und periphere Fortsätze von Körnerzellen des darunterliegenden Stratum granulosum.

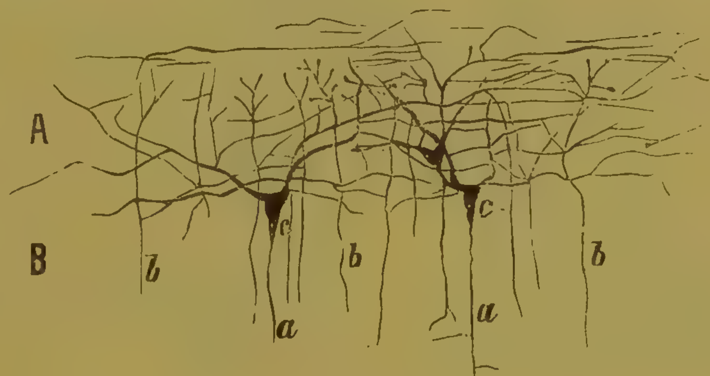



Fig. 409.
Aus dem Lobus olfactorius eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi*-Methode. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *A* ventraler Plexus des Stratum moleculare; *B* Stratum granulosum; *c*, *c* Mitralzellen; *a*, *a* Neuriten von Mitralzellen mit Kollateralen; *b*, *b*, *b* Fasern aus den tiefen Schichten, in dem Plexus frei endigend.

Die Elemente der Molekularlage und die Mitralzellen besitzen dem obigen zufolge die nämlichen Beziehungen zu den Glomerulusenden der Riechfäserchen. Ebenso stimmen sie bezüglich der Richtung und des Schicksales ihrer Neuriten miteinander überein. Ich vermag daher zwischen beiden Zellarten keine anderen als rein äusserliche Unterschiede der Lage, der Grösse und teilweise der Form wahrzunehmen, und muss, da auch hier alle Übergänge nachweisbar sind, sie als funktionell gleichwertige bezw. verwandte Elemente auffassen.

Das Stratum granulosum enthält neben grossen Massen von Fasern — vorwiegend Neuriten von Mitralzellen und von Elementen der Molekularschicht — einige Arten Nervenzellen von durchgehends

geringer Grösse. Unter diesen treten als besonders charakteristisch die sog. Granula oder Körnerzellen hervor (Fig. 410), zerstreute oder gruppenbildende kleine Elemente von dreieckiger oder birnförmiger Gestalt mit spitzem peripherem Ende. Aus letzterem unmerklich herauswachsend geht ein starker, ungemein langer peripherer Fortsatz unter Abgabe feinster Kollateralreiserchen zu der Lage der Mitralzellen und senkt sich mit baumförmigem Ende in den Astplexus daselbst ein (Fig. 403). Dem Körper der Körnerzellen entspriessen gewöhnlich einige feinere ramifizierende Dendriten von welligem Verlaufe; sie ziehen in der Regel centralwärts, erscheinen aber manchmal radiär angeordnet (Fig. 410), ja einige sah ich zur Peripherie umbiegen und sich zwischen Mitralzellen verlieren (Fig. 411 *b*). Alle diese Fortsätze erweisen sich bei Anwendung starker Vergrösserungen in charakteristischer Weise durchweg mit kurzen feinsten Härchen besetzt (Fig. 411 *a*, *b*), zeigen also die Eigenschaften von Protoplasmafortsätzen. Neuriten hingegen werden an den Körnerzellen vermisst. Die grösste Bedeutung ist ohne Frage dem peripherischen Fortsatze beizumessen, da die centralen inkonstant erscheinen, ja bei niederen Geschöpfen (Batrachier, Fische) gänzlich verschwinden (*Ramón y Cajal*).



Fig. 410.
Zellen des Stratum granulosum aus dem Riechlappen der Katze. Behandlung mit der *Golgi*schen Methode.

Ein anderes Verhalten zeigen die sog. Sternzellen der Körnerschicht (Fig. 414 *M*). Sie sind im ganzen selten, von schwankender Grösse und von der nämlichen Form, wie die gleichnamigen Elemente der Molekularlage. Ihr Körper erscheint in der Regel abgerundet oder oval. Zahlreiche verästelte, meist mit Härchen besetzte Fortsätze

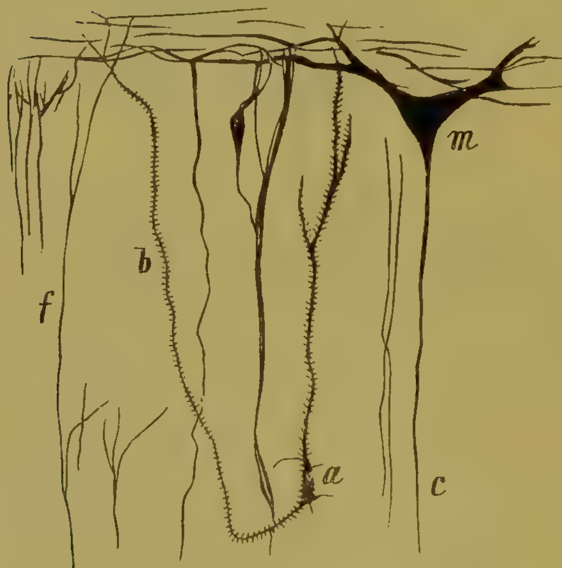



Fig. 411.
Gegend der Körnerschicht mit einem Teile des Stratum mitrale aus dem Riechlappen der Katze. *Golgi*-Methode. *m* Mitralzelle; *c* deren Neurit; *a* Körnerzelle; *b* Dendrit dieser Zelle, zu dem epimitralen Faserplexus umbiegend; *f* freie Endigung einer Faser in dem epimitralen Plexus.

werden unter allmählicher Verschmächtigung nach verschiedenen Seiten abgegeben. Der Achsencylinder zeichnet sich diesem gegenüber durch besondere Feinheit und Gleichmässigkeit, aber auch durch glatte Umrandung aus. In manchen Fällen ist er mit aller Bestimmtheit peripheriewärts zu verfolgen und zerfällt nach Erreichung der Mitralzellenschicht hierselbst in Endreiser (Fig. 414 *M*). Die Mehrzahl der hier in Rede stehenden Zellen lässt aber ihre Neuriten sich schon in der Körnerschicht aufzweigen, es handelt sich also wohl um sog. *Golgi*sche Elemente mit kurzem, vielfach verzweigtem Achsencylinder.

Die Fasern der Körnerschicht ziehen meist longitudinal von aussen nach innen, nur in den Seitenteilen des Bulbus laufen sie diesem entlang in horizontaler oder schräger Richtung. Sie sind sämtlich markhaltig und entwickeln sich als Neuriten aus Mitralzellen und Elementen der Molekularlage. Übrigens treten in den Bulbus olfactorius, wie erwähnt, auch centrifugale Fäserchen ein, von denen ein Teil in der molekulären, ein anderer in der granulierten Schicht aufhört.

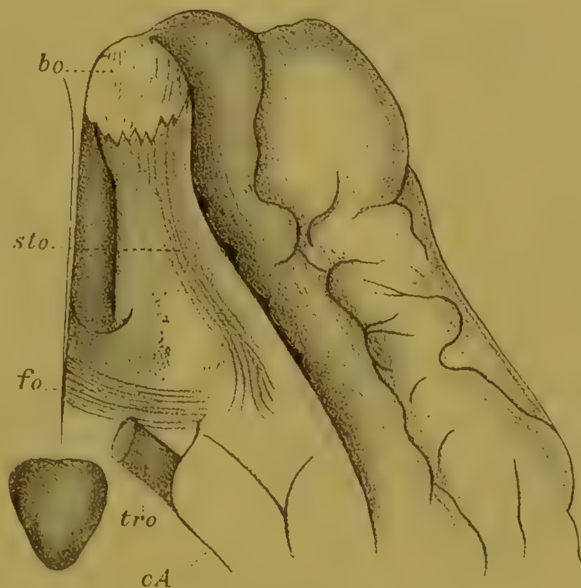


Fig. 412.
Vorderer Teil der Gehirnbasis des Kalbes. *bo* Bulbus olfactorius; *sto* Stria olfactoria; *fo* Riechbündel von *Zuckerkandl*; *tro* Tractus opticus; *cA* Cornu Ammonis.

Am Hirn der Ratte und Katze verfolgte neuerdings *Manouélian**) einige der Centrifugalfasern dicht bis zur Nähe der Glomeruli olfactorii, d. h. bis zum Orte der Ineinanderflechtung zweier Neuronen. Dies kann ich auf Grundlage meiner eigenen Präparate bestätigen. Von den fraglichen Fasern sind die einen geradlinig, die anderen gebogen. Sie verlaufen im allgemeinen horizontal durch das Mark, biegen dann unvermittelt, z. T. unter rechten Winkeln um, durchsetzen in schräger oder vertikaler Richtung die graue Substanz (in Fig. 408 ist eine solche Faser links von dem mittleren Dendriten der Mitralzelle sichtbar) und treten schliesslich in einen Glomerulus ein. An einzelnen Präparaten lässt sich nachweisen, dass die Centrifugalfasern sich in Endbäumchen auflösen, deren kurze und feine Reiser in kleine Knöpfchen auslaufen.

Ein anderer Teil der Centrifugalfasern endigt bekanntlich im Niveau der Körner. Nach *Manouélian* gehen von letzteren peripherie-

*) Société de Biologie 19. fevr. 1898.

wärts Fortsätze ab, die ebenfalls in einem Glomerulus aufhören. Somit erhält der Bulbus olfactorius hier eine der Retina völlig homologe Anordnung. Die Körner des Bulbus können in allem den Spongioblasten der Netzhaut verglichen werden. Durch Vermittlung der Centrifugalfasern werden sie zu Elementen der Leitungskette und geben die vom Gehirn ankommenden Reize dem Glomerulusgeflechte weiter, wie die Spongioblasten die ihnen zufliessende centrale Erregung dem Geflechte der Ganglienzellfortsätze mit den Bipolarzellen übermittlen.




Fig. 413.

Pyramidenzellen aus dem Lobus olfactorius der neugeborenen Katze. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *a, a, a* Zellkörper; *c, c, c* ihre Neuriten; *h* Gegend der lateralen Olfactoriuswurzel. — *Golgi*-Behandlung.

An das Stratum granulosum grenzt unmittelbar das Mark des Bulbus. Es besteht fast ausschliesslich aus Faserelementen.

In diesem sowohl wie in jenem finden sich hier und da stärkere ziemlich gleichmässige, mit feinsten Härchen bedeckte Fasern (Fig. 403). Dieselben zeigen peripheriewärts manchmal Zweiteilung. Ihre peripheren Enden verstreichen — zuweilen in der Molekularschicht — nach wiederholter Gabelung mit freien Endpinseln. In centraler Richtung lassen sich diese Elemente in der Regel entweder zu einer

Epithelzelle des Canalis centralis bulbi olfactorii verfolgen oder sie gehen in eine ovale bezw. längliche Neurogliazelle über, aus deren anderem Ende ein feiner Fortsatz heraustritt. Die fraglichen Fasern sind also augenscheinlich nicht nervöser Natur, sondern stellen Elemente der Neuroglia vor.

Von den Neuriten der Mitralzellen und den mit Glomerulusfortsätzen versehenen Zellen des Stratum moleculare werden im Verlaufe ihrer hirnwärts gerichteten Bahn Kollateralen an die Molekularlage abgegeben, wo sie *(Ramón y Cajal)* zu den federbuschförmigen Gipfelfortsätzen der Pyramiden in Beziehung treten (Fig. 413 *h*, Fig. 414 *H*). Ein gewisser Teil dieser Neuriten zweigt sich schon hier in freie Endfäserchen auf, während der Rest ununterbrochen gegen das Hirn hin weiterzieht.

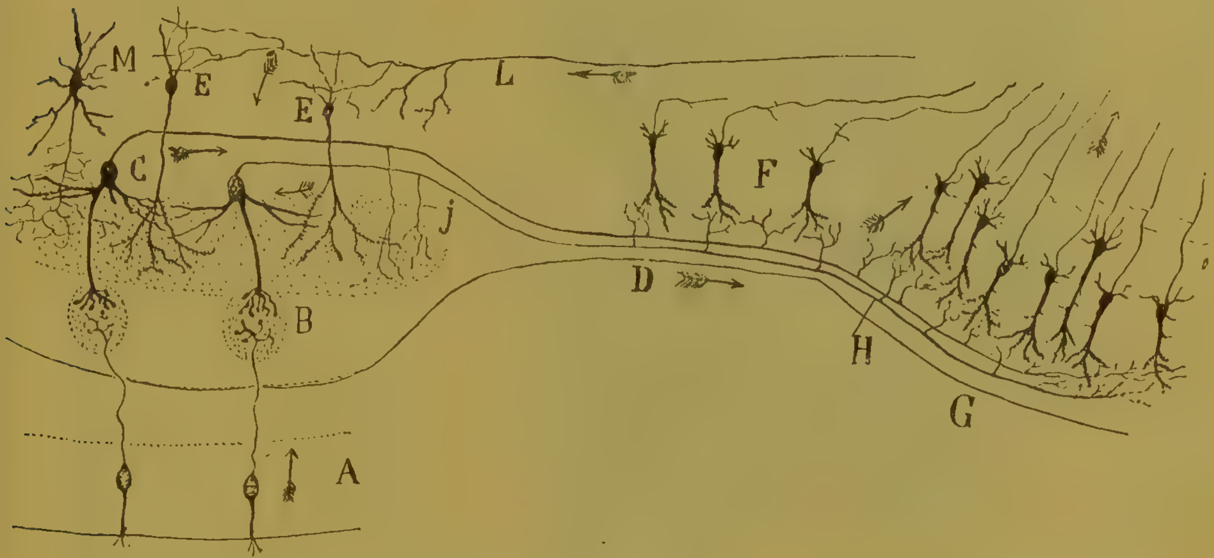



Fig. 414.

Schema der Leitung im Riechapparate der Säugetiere. *A* Membrana olfactoria; *B* Glomeruli olfactorii; *C* Mitralzellen; *E* Körnerzellen; *D* Tractus olfactorius; *G* Gegend des lateralen Riechstreifens; *F* Pyramidenzellen des Tractus olfactorius; *M* Zelle mit kurzem Neuriten; *J* Kollateralen des Bulbus olfactorius; *K* Kollateralen des äusseren Riechstreifens; *L* centrifugale Fasern.

Was den Verlauf der Nervenreize im Olfactoriusapparate betrifft, so ergiebt sich bereits aus dem bisherigen, dass die in den Bipolarzellen der *Schneider*schen Riechmembran wachgerufene Erregung in deren durch die Lamina cribrosa dringendem centralen Fortsatz (Filum olfactorium) zu einem Glomerulus gelangt. Hier wird sie auf dem Wege des Kontaktes auf Dendriten von Mitralzellen bezw. von Elementen des Stratum moleculare und weiterhin auf diese Zellen selbst übertragen. Von dem Achsencylinder der letzteren springt der Reiz schliesslich auf den Federbuschfortsatz und somit auf den Körper einer Pyramidenzelle des Riechlappens über (Fig. 414). Die Bahn des Geruchsinnes besteht somit aus zwei Abteilungen, einer peripheren — von der *Schneider*schen Membran zu den Glomeruli olfactorii, und

einer centralen — von diesen zu den Pyramidenzellen der Rinde des Riechlappens. Als ein drittes Glied an der Kette tritt die weitere Leitung zur Endhirnrinde hinzu. In jedem Glomerulus kommen zahlreiche Riechfäden zur Endigung, doch wird der von ihnen fortgeleitete Reiz entsprechend der unscharfen Lokalisation der Geruchsempfindungen hier nur von einer, höchstens von zwei Zellen aufgenommen. Andererseits kann eine Riechfaser mit mehreren Glomeruli in Verbindung treten. Dagegen stehen die Glomeruli olfactorii, wenigstens bei dem Menschen, nur zu je einer Mitral- oder Molekularzelle in Beziehung.

Die Centrifugalfasern des Bulbus olfactorius sind vielleicht für die Aussenprojektion der Geruchsempfindungen von Bedeutung.




Fig. 415.
Neurogliazellen aus der Endhirnrinde des Menschen.
*a* Gefäss. Behandlung mit der *Golgi*schen Methode.

Die Rinde des Endhirns enthält in einer feinkörnigen, als dichtes Geflecht feinster Neurogliazellfortsätze erscheinenden Stützsubstanz (Fig. 415) Nervenzellen von verschiedener Grösse und verschiedener Form (Fig. 416—420). Viele derselben sind von pyramidenähnlicher Gestalt: sie heissen darum Pyramidenzellen und können je nach ihrer Grösse als kleine (Fig. 419), grosse (Fig. 420) und Riesenpyramiden (Fig. 416, 417, 418) unterschieden werden. Die übrigen Zellen der Rinde besitzen durchweg geringe Grösse und bedeutenden Formenreichtum; am häufigsten werden unter ihnen unregelmässig-sternförmige, polyedrische und spindelförmige Elemente angetroffen (Fig. 420).

Die Pyramiden der Endhirnrinde bilden die Ursprungsstätte sämtlicher centrifugaler Leitungsbahnen und eines grossen Teiles der Associationsfasern. Das der Hirnoberfläche zugewendete spitze Ende ihres Körpers geht in einen langen, verästelten Protoplasmafortsatz über, dessen Endäste gegen die Oberfläche der Rinde ausstrahlen (Fig. 421). Der Fortsatz selbst und sein Geäste erscheinen an den Seiten mit zahlreichen Dornen besetzt (Fig. 422 *f*). Ausser ihm ent-

springen an dem Zellkörper, insbesondere an dessen Kanten, zahlreiche kürzere, verzweigte Dendriten (Fig. 419, 421). Der Neurit entsteht für gewöhnlich aus der Mitte der Zellbasis (Fig. 416 *a*), seltener in der Nähe der Ursprungsstelle eines der grossen Protoplasmaäste (Fig. 418 *a*). Auf seiner Bahn zum Marklager entwickelt er stets kollaterale Reiser,




Fig. 416.

Isolierte Riesenpyramide aus der motorischen Zone der Endhirnrinde des Menschen. *a* Neurit, *b* Gipfelfortsatz, beide durch die Isolierung geknickt. Vergrösserung $^{350}/_{1}$.

die grösstenteils nach den Seiten ausstrahlen (Fig. 419 und 421 *col*), manchmal aber aufwärts gegen die äussere Rindenschicht hin umbiegen und entweder zu langen markhaltigen Associationsfasern werden oder schon in unmittelbarer Nähe des Neuriten aufhören. In jedem Falle zeigen diese Kollateralen eine freie Endigung, indem sie andere Zellen der Rinde bezw. Fortsätze solcher mittelst pinselförmiger Verästelungen

umspinnen (Fig. 422). An einigen Pyramiden ist eine Zweiteilung des Neuriten bemerkbar. Jeder Teilungsast hinwiederum zerfällt in zwei selbständige Fasern, die nach Erreichung des Marklagers sogar in getrennte Associationssysteme eintreten können.

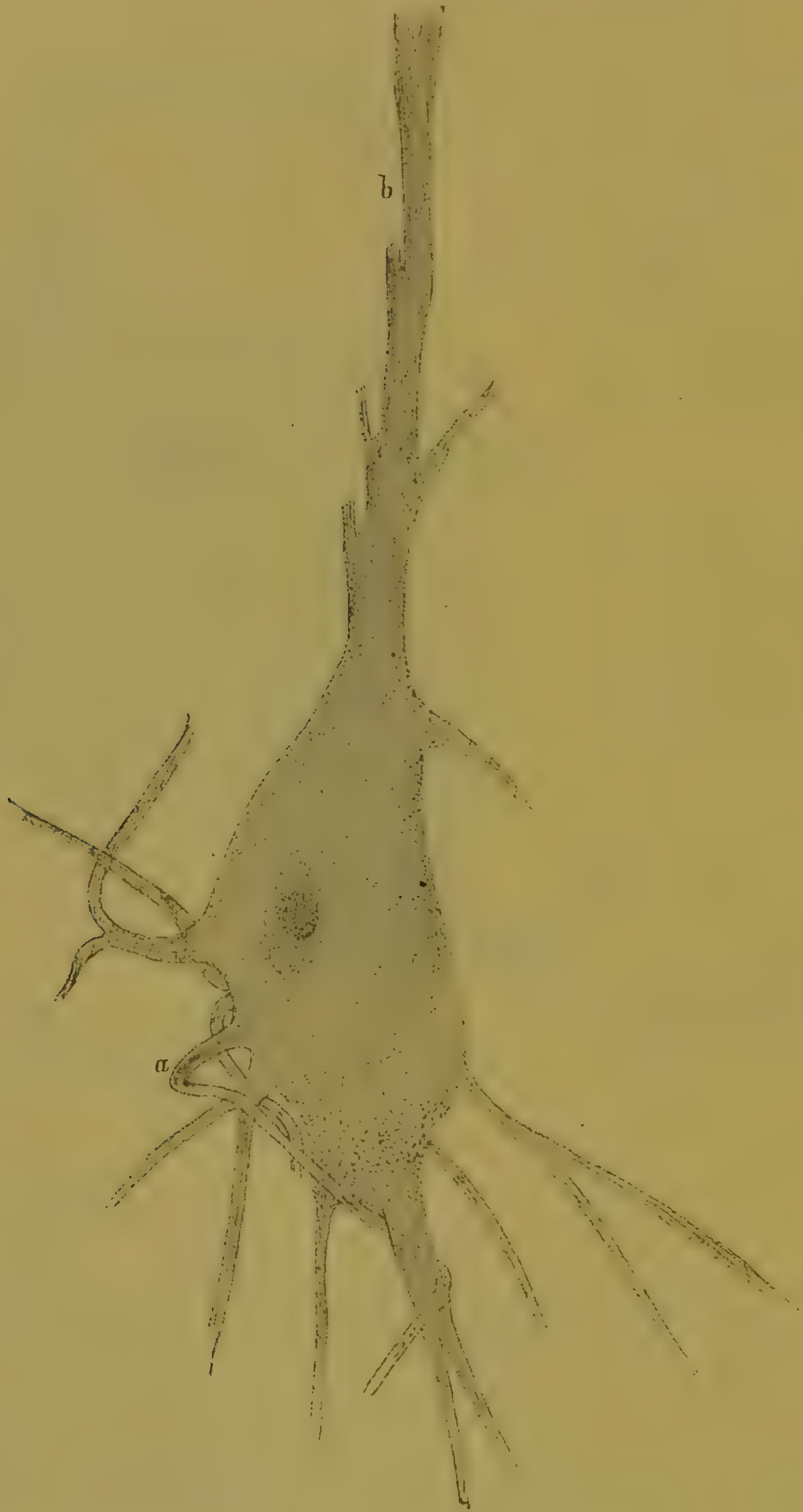



Fig. 417.

Isolierte Riesenpyramide aus der motorischen Zone der Endhirnrinde des Menschen. *a* Neurit, bei der Isolation eingeknickt; *b* Gipfelfortsatz. Vergrösserung $^{350}/_{1}$.

Die übrigen Nervenzellen der Endhirnrinde haben ausschliesslich die Bedeutung von Associationselementen. Den Typus derselben bildet die Spindelform (Fig. 420), deren Fundstätte vorwiegend den tieferen Rindenschichten entspricht. Bemerkenswert ist an diesen Zellen der Besitz zweier nach verschiedenen Richtungen auseinander weichender oder auch vieler ramifizierter Fortsätze mit den äusseren Merkmalen des Neuriten. Zu den Associationszellen gehören ferner die in der

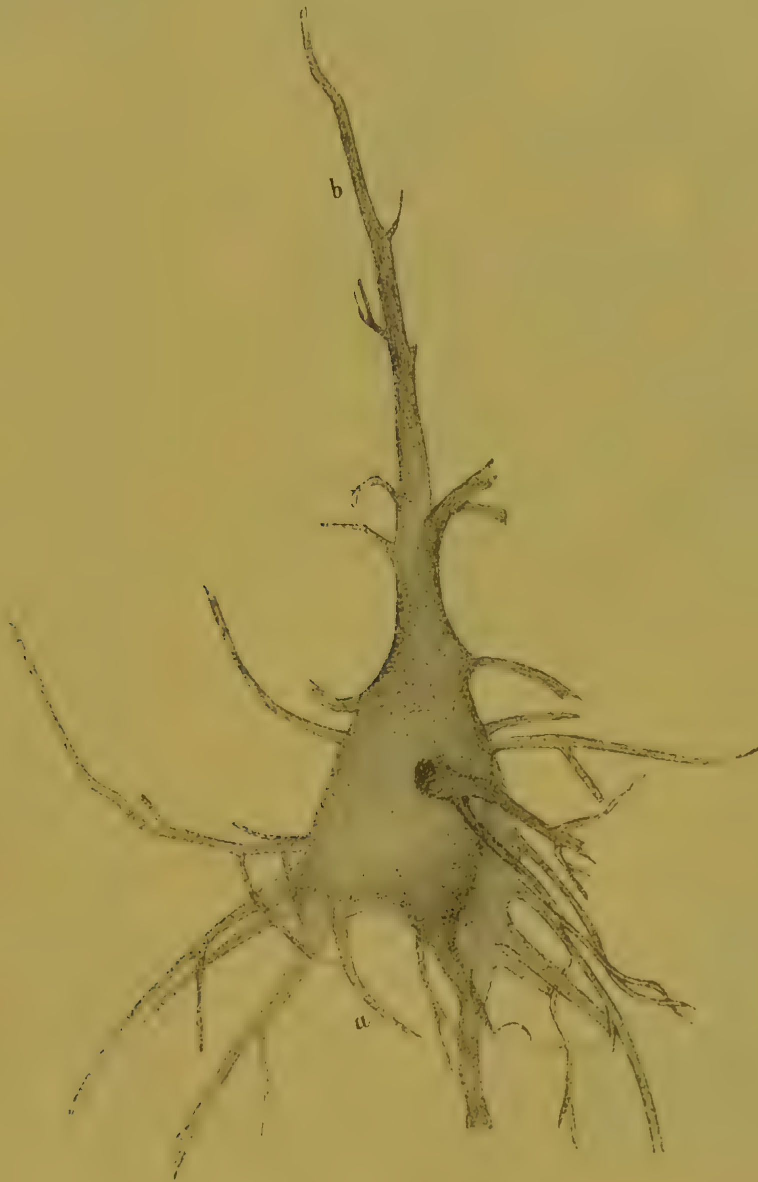



Fig. 418.

Isolierte Riesenpyramide aus der motorischen Zone der Endhirnrinde des Menschen. *a* Neurit; *b* Gipfelfortsatz. Vergrösserung 350/1.

Rinde überall verbreiteten unregelmässig-polygonalen oder sternförmigen Elemente mit kurzen verästelten Neuriten (Fig. 422 *d*, *g*) von *Golgis* zweitem Typus. Manche Rindenzellen wenden ihre Neuriten nicht dem Marklager, sondern der Hirnoberfläche zu, ja hin und wieder erreichen diese Fortsätze die äussersten Schichten der Rinde und splittern sich

inmitten eines reichen Geästes von Gipfelfortsätzen und zahlreichen Horizontalfasern daselbst auf (Fig. 422 *d*), können aber auch schon früher ihr Ende finden (Fig. 422 *g*). Auch hier handelt es sich augenscheinlich um Associationszellen.

In der äussersten, sog. molekularen Zone der Rinde finden sich abgerundete, ausgezogene, manchmal auch ovoide Nervenzellen mit verhältnismässig feinen, nach den Seiten ausstrahlenden Protoplasmafortsätzen (Fig. 423—425). An diesen Zellen finde ich ausser den genannten zuweilen einen absteigenden Fortsatz, welcher meist aus der unteren Fläche des Zellkörpers entsteht und sich schräg in der Aussenschicht der Rinde hinzieht (Fig. 423 und 424). Er zerfällt manchmal schon nach kurzem Verlaufe in eine Reihe horizontaler Endäste. Die in Rede stehenden Elemente entsprechen wohl jenen spindelförmigen Zellen, die *Ramón y Cajal* in der Hirnrinde niederer Säugetiere aufgefunden hat. Nach der Beschreibung dieses Autors ent-




Fig. 419.
Eine kleine Pyramidenzelle aus der Endhirnrinde der Katze. *a* Gipfelfortsatz; *c* Neurit; *col* dessen Kollateralen; *f* Endramifikation einer Nervenfaser an dem Dendritenbaum der Zelle. *Golgi*sche Methode.




Fig. 420.
Isolierte Nervenzellen aus der Endhirnrinde des Menschen. Je eine pyramidenförmige, dreieckige und abgerundete Zelle sind dargestellt. Die Fortsätze der Pyramidenzelle bei der Isolierung eingerollt.

wickeln sich an den beiden Polen des Zellkörpers zwei starke, glattrandige Protoplasmafortsätze; von letzteren gehen weitere Äste gegen die Hirnoberfläche hin in zwei, drei und mehr rosenkranzförmige Fasern über, die dem Aussehen nach wahren Nervenfäden gleichen und in der Regel mit ihren Verästelungen die äussere feinkörnige Schicht nicht überschreiten.

Andere Zellen (*Ramón y Cajal*) erscheinen dreieckig und besitzen nicht zwei, sondern drei und mehr anfänglich horizontal verlaufende und späterhin in Nervenfasern übergehende Fortsätze. Nach den Seiten hin werden von den starken Zellfortsätzen feine Kollateralen abgegeben, die in allen wesentlichen Punkten mit den Fasern der Molekularschicht übereinstimmen. Diese eigentümlichen Elemente besitzen eine gewisse Ähnlichkeit mit den Spongioblasten der Netzhaut. Von *Ramón y Cajal* bei Reptilien und Batrachiern zuerst nachgewiesen, sind sie in der Folge auch bei höher stehenden jungen Geschöpfen und bei dem menschlichen Embryo beobachtet worden.




Fig. 421.
Nervenzellen aus der Endhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. *ce* Äussere Rindenschicht; *c, c, c, c* Neuriten; *col.* deren Kollateralen, an die Körper und Dendriten von Nachbarzellen herantretend. *Golgi*-Behandlung.

Endlich finden sich in der Endhirnrinde freie Nervenendigungen aus dem Marklager. Von *Ramón y Cajal* sind reichlich verästelte, freie Endbäumchen, insbesondere in der äusseren Schicht der Rinde gefunden worden. Ich selbst beobachtete solche wiederholt in der Umgebung von Pyramidenzellen (Fig. 419 und 426). Sie entsprechen den kortikalen Endigungen centripetaler Leitungsbahnen.

Im Baue der Hirnrinde findet sich eine Reihe topographischer

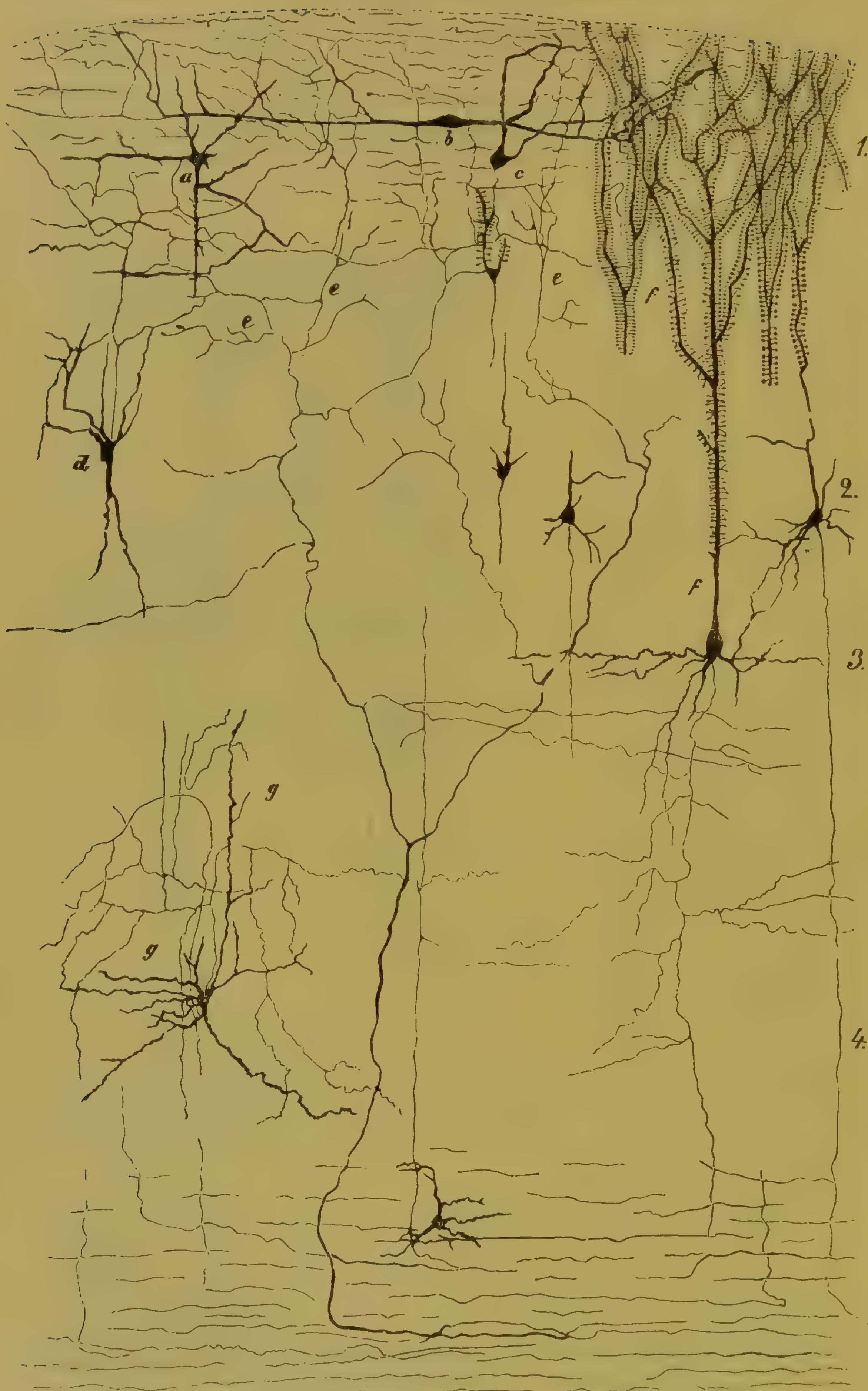



Fig. 422.

Schematischer Durchschnitt der Endhirnrinde eines Säugetieres. *Edinger* nach Präparaten von *Ramón y Cajal.* 1, 2, 3, 4 Schichten der Rinde. *a*, *b*, *c* Nervenzellen der Aussenschicht mit je mehreren Neuriten; *d* Spindelzelle aus der Tiefe derselben Schicht; *e* eine Faser aus dem Marklager, in die Schicht 1 eintretend; *f* Gipfelfortsätze tiefergelegener Nervenzellen; *g* kleine Zelle der vierten Schicht mit strahligem Achsencylinderfortsatz.

Besonderheiten. Schon die Anordnung der Nervenzellen ändert sich in den verschiedenen Regionen. Am weitesten verbreitet erscheint der sog. fünfschichtige Typus *Meynerts* (Fig. 427 und 428), doch ist derselbe, da die beiden unteren Schichten eine einzige Lage bilden, besser als vierschichtig zu bezeichnen und zu unterscheiden: 1. die feinkörnige oder Neurogliaschicht, arm an Nervenzellen, schliesst die sog. äussere oder Tangentialfaserschicht in sich; 2. die Lage der kleinen Pyramiden; 3. die Lage der grossen Pyramiden und 4. die Lage der polygonalen und Spindelzellen.




Fig. 423.
Eine Associationszelle aus der Endhirnrinde. *ce* Aussenfläche der Rinde. *Golgi*-Behandlung.

Die feinkörnige Schicht beherbergt ausser Gliaelementen in ihrem Aussenteile die Lage der sog. Tangentialfasern, bestehend aus Fortsätzen von Zellen der feinkörnigen Schicht, wesentlich aber aus Fasern, die von den tieferen Schichten hierher gelangen (Kollateralen der Pyramiden, Neuriten *Martinotti*scher Zellen, centripetale Fernfasern). Doch auch in den übrigen Teilen der ersten Schicht fehlt es nicht an zahlreichen Ner-




Fig. 424.
Eine Associationszelle aus der ersten Schicht der Endhirnrinde. *m* Aussenfläche der Rinde. *Golgi*-Methode.




Fig. 425.
Eine Associationszelle aus der ersten Schicht der Endhirnrinde. *m* Hemisphärenoberfläche.

venfasern von horizontalem, schrägem, ja vertikalem Verlaufe, die allerdings hier mehr zerstreut liegen. Eine besondere Lage markhaltiger Fasern, augenscheinlich aus Neuritenkollateralen von Pyramidenzellen bestehend, findet sich an der Grenze der ersten und zweiten Rindenschicht (*Bechterew*)*); sie ist nicht in allen Gegenden der Rinde leicht nachweisbar, erscheint dafür aber an einigen Orten in umso schärferer Ausprägung (Fig. 428 *a*). — Nervenzellen sind in der feinkörnigen Schicht spärlich und durchweg von geringer Grösse (1 Fig. 428). Ihre Form unterliegt grossem Wechsel: ovoide (Fig. 423), spindelähnliche (Fig. 425), dreieckige (Fig. 424) und pyramidenförmige (Fig. 426) werden angetroffen. Von den Besonderheiten dieser Elemente ist bereits im vorhergehenden die Rede gewesen. Sie bilden ohne Frage die Ursprungsstätte eines Teiles der Nervenfaserzüge der ersten Schicht, doch enthalten letztere sicherlich auch umbiegende Neuriten und Kollateralen von Zellen tieferer Schichten neben centripetalen Markfasern, die nicht selten hierher gelangen. Sehr reichlich sind Dendriten von Eigenzellen und dornenbesetzte Gipfelfortsätze aus tieferen Schichten hier vorhanden. Letztere nehmen gegen die Aussenfläche der Rinde hin zuweilen sogar horizontalen Endverlauf an; schon ganz im Beginne ihrer Bahn, in der Tiefe der Rinde, können sie sich gabelförmig teilen (Fig. 426) und weitere Verästelungen eingehen. Weitgehende Beziehungen zu den Zellen der ersten Rindenschicht werden hierdurch ermöglicht.




Fig. 426.
Eine Nervenzelle aus der Endhirnrinde der neugeborenen Katze. *Golgi*-Methode. *ce* Aussenrand der Rinde; *a* Gipfelfortsatz; *f* pericelluläre Endverästelung einer hinzutretenden Faser.

*) Die Hervorhebung eigener Ermittelungen des Autors dieses Werkes durch übliche Einklammerung seines Namens ist im Originale nicht angenommen. Die Abweichung geschieht im Interesse grösserer Übersichtlichkeit. Anmerk. d. Übers.

Die charakteristischen Elemente der zweiten Schicht, die kleinen Pyramiden (2 Fig. 428), bilden anfänglich ziemlich dichte Reihen. Einwärts vollzieht sich unter stetiger Grössenzunahme ein allmählicher Übergang in die Lage der grossen Pyramiden, sie erscheinen alsdann aber, da gleichzeitig eine Verminderung ihrer Zahl eintritt, viel weiter auseinander liegend. Bezüglich der morphologischen Eigentümlichkeiten dieser Zellen ist auf frühere Darlegungen hinzuweisen. Die kleinen Pyramiden dienen nicht nur associativen Aufgaben (*v. Monakow*), vielmehr erscheinen sie, gleich den grösseren Pyramiden, auch als Anfänge absteigender Leitungssysteme. Ihre Neuriten, je nach dem Umfange der Ursprungszelle von verschiedener Stärke, entwickeln während ihrer intrakortikalen Bahn gewöhnlich mehrere verästelte kollaterale Reiser, welche an Körpern und Dendriten anderer Zellen frei endigen, und treten schliesslich selbst in das Hemisphärenmark ein. Die Schicht der kleinen Pyramiden zeigt daher ein netzartiges Gefüge feinster Fäserchen und starker absteigender Fasern. Letztere sammeln sich in den tieferen Teilen zu ansehnlichen vertikalen Bündeln (Fig. 428).

Die Lage der grossen Pyramiden (3 Fig. 428) ist durch den Besitz grosser, beim Menschen bis zu 30—40 $\mu$ messender Nervenzellen von der vorigen unterschieden. Bedeutende Länge des Gipfelfortsatzes, reiche Dendritenverästelung und stärkere Neuriten treten als weitere Besonderheiten hinzu. Letztere entsenden, ehe sie in das Marklager eindringen, in der Regel eine Anzahl Kollateralen (Fig. 421). Von den kleinen Zellelementen, die ausser den Pyramiden in dieser, wie in der vorhergehenden Schicht angetroffen werden, ist weiter unten die Rede. Die Nervenfasern erscheinen auch hier in netzförmiger Anordnung: man erkennt feinste Fäserchen — vorwiegend Kollateralen von Zellneuriten — neben senkrechten, durch Hinzutritt zahlreicher neuer Achsencylinder erheblich verstärkten Faserbündeln.

Die vierte Schicht der Rinde (4 und 5 Fig. 428) unterscheidet sich auffallend von den vorigen durch fast völliges Fehlen der Pyramiden und durch das Vorherrschen kleiner Nervenzellen, unter denen polygonale und spindelförmige am häufigsten angetroffen werden. Eigentümlich ist diesen Elementen der Mangel eines Gipfelfortsatzes. Die vorhandenen Dendriten erreichen im Gegensatze zu denen der übrigen Rindenschichten die feinkörnige Lage nicht. Ihre Neuriten aber treten in das darunter liegende Marklager ein. So erhalten die Vertikalfaserzüge aus der zweiten und dritten Schicht hier neuen Zuwachs. Die spindelförmigen Nervenzellen finden sich vorwiegend in der Tiefe bezw. an der Grenze des Marklagers (5 Fig. 428). Entsprechend den Kuppen der Gyri nehmen sie grösstenteils vertikale, in der Nähe der Furchen aber horizontale Lage ein, was wohl mit der Richtung der hier durchtretenden Fasern im Zusammenhange steht. Kleine Polygonal-




Fig. 427.

Topographische Anordnung der Nervenzellen in der Endhirnrinde des Menschen. Fünf- bezw. vierschichtiger Typus. Karminpräparat.

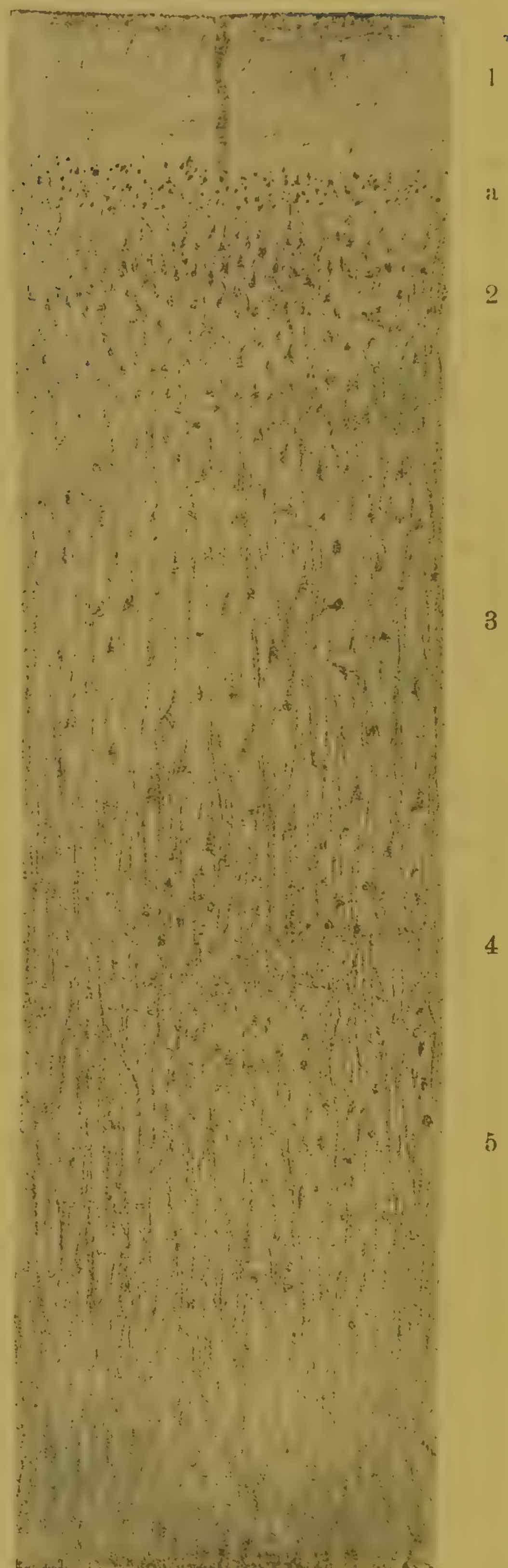



Fig. 428.

Verteilung der Nervenzellen und Nervenfasern in der Endhirnrinde des Menschen. Fünf- bezw. vierschichtiger Typus. Härtung in Osmiumsäure und Aufhellung mit Ammonium liquidum.

zellen kommen in geringer Anzahl auch in anderen Gegenden der Rinde vor.

Zellen mit kurzem Neuritengeäste finden sich insbesondere in den untersten drei Rindenschichten. Sie gehören einem Teile nach zu *Golgis* zweitem Typus: abgerundete oder auch polyedrische Elemente von ansehnlicher Grösse, mit nach verschiedenen Seiten ausstrahlenden Protoplasmafortsätzen, deren seitlich oder oben am Zellkörper entspringende Neuriten sich alsbald um nachbarliche Zellen aufsplittern. Die ursprüngliche Annahme *Golgis*, es handle sich hier um sensible Nervenzellen, wird nicht bestätigt, vielmehr muss ihre Bedeutung in der Erzeugung von Anschlüssen zwischen anderen Neuronen gesucht werden. Eine andere Abart dieser Cellulae axiramificatae — von spindelähnlicher oder dreieckiger Form mit zahlreichen Dendriten — stellen die sog. *Martinotti*schen Nervenzellen vor: ihre Neuriten nehmen aufsteigenden Verlauf an und zerfallen, gewöhnlich in der feinkörnigen Schicht, in 2—3 Horizontaläste mit reicher Endaufsplitterung.




Fig. 429.
Aus einem Durchschnitte der Endhirnrinde im Gebiete der motorischen Zone. In der Lage der grossen Pyramidenzellen erkennt man Riesenpyramiden. Karminpräparat.

Die graue Rinde enthält ausser Eigenfasern, die in Zellen hierselbst ihren Ursprung haben, freie Endigungen von Abkömmlingen des Marklagers. Diese Fernfasern, offenbar Associations- und Centrifugalbahnen darstellend, durchsetzen die Rinde grösstenteils in schräger Richtung. Ihre Endäste erreichen häufig die Molekularschicht oder nähern sich den grossen oder kleinen Pyramiden (Fig. 426 und 419).

Die soeben beschriebene Anordnung der Elemente der Endhirnrinde ist an dem menschlichen Gehirne im Gebiete sämtlicher Stirn-, Scheitel- und Schläfenwindungen, sowie in vielen Teilen der basalen und medialen Hemisphärenoberfläche mehr oder minder unverändert nachweisbar. Gegen das frontale Hirnende hin büssen die Pyramiden der dritten Schicht stetig an Grösse ein. Im Bereiche des Parietallappens schiebt sich zwischen 2. und 3. Schicht eine besondere Lage kleiner Pyramiden, die denen der 2. Schicht ähnlich sehen, hinein (*Bevan Lewis*). Im

Gebiete der Hörsphäre finden sich nach *Flechsigs* Ermittelungen ausser einer grösseren Anzahl von Schichten besondere cylindrische und sehr zahlreiche grosse Pyramidenzellen. Auffallendere Besonderheiten in der Anordnung der Rindenelemente zeigen aber — von dem schon betrachteten Riechbulbus abgesehen — die Centralwindungen nebst

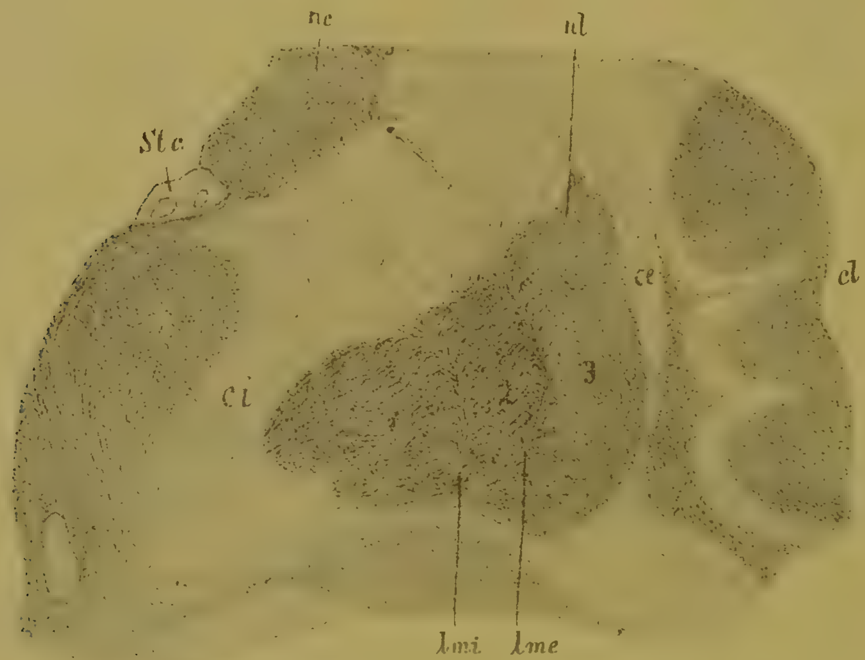



Fig. 430.
Frontalschnitt der rechten Hemisphäre in der Gegend der Grosshirnganglien und der inneren Kapsel. *nc* Nucleus caudatus; *Stc* Stria cornea; *th* Thalamus; *ci* Capsula interna; *ce* Capsula externa; *nl* Nucleus lenticularis; 1, 2 die beiden medialen Glieder des Linsenkerns: Globus pallidus; 3 laterales Glied des Linsenkerns: Putamen; *cl* Claustrum; *lmi*, *lme* Laminae medullares externa und interna. Karminpräparat.

dem Lobulus paracentralis (Fig. 429), die Insula Reilii (Fig. 430 *cl*) mit dem Nucleus amygdalae, die Occipitalwindungen in der Umgebung der Fissura calcarina (Fig. 431), das Subiculum cornu Ammonis, das Cingulum, das Ammonshorn und die Fascia dentata (Fig. 433)*).



Fig. 431.
Graue Rinde des Occipitalhirns in der Nähe der Fissura calcarina. Der schon makroskopisch erkennbare *Vicq d'Azyr*sche oder *Gennari*sche Streifen ist dargestellt.

Die Rinde der Centralwindungen unterscheidet sich von dem gewöhnlichen *Meynert*schen Typus durch auffallende Entwickelung der äusseren Molekularschicht, sowie durch das Vorkommen grosser, sog. Riesenpyramiden (*Betz* und *Mershejewski*). Diese bald zu 2—5 gruppenweise, bald vereinzelt auftretenden Elemente liegen vorwiegend an der Basis der dritten, zu einem

*) Von der rudimentären Rinde des Septum pellucidum, die in funktioneller Beziehung kaum von irgend einer Bedeutung ist, wird hier abgesehen.




Fig. 432.
Anordnung der Nervenzellen in der Rinde des Occipitalhirns an der Fissura calcarina. Karminpräparat.

Teile aber bereits in der kleinzelligen Schicht (Fig. 429). Am grössten und zahlreichsten erscheinen sie im Lobulus paracentralis und in dem oberen Abschnitte der Centralwindungen. Der Lage der motorischen Centra entsprechen Herde von Riesenpyramiden (*Bevan Lewis*), doch finden sich solche Herde zuweilen auch ausserhalb der Centralwindungen. Der Zellkörper ist in der Regel reichlich pigmentiert; von ihm bezw. aus den Ecken der Zellbasis entspringt, wie mir eine Reihe von Isolationspräparaten gezeigt hat, ein ausserordentlich üppiges Dendritengeäste (Fig. 417, 418, 438).

In der Inselrinde erscheint der aus Spindelzellen bestehende Abschnitt der unteren Schicht durch eine weisse Marklage von der übrigen Rinde scharf getrennt (*Meynert*). So entsteht hier ein selbständiges Rindengebilde, das fast ganz aus Spindelzellen aufgebaute Claustrum (Fig. 430 *cl*). Es setzt sich ohne Unterbrechung in den

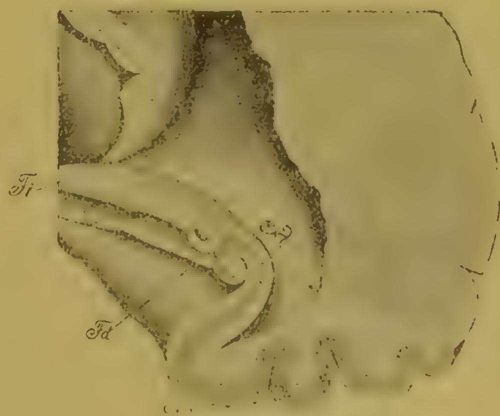



Fig. 433.
Die Windung des Ammonshornes. *F* Cornu Ammonis; *Sub* Subiculum cornu Ammonis; *Fd* Fascia dentata; *Fi* Fimbria.

Mandelkern fort. In der Tiefe des Claustrum überwiegen allerdings polymorphe Nervenzellen; es wäre daher richtiger, die Vormauerformation als einen in das Markinnere versenkten Abkömmling der Schläfenrinde anzusehen (*Mondino*). — Der Nucleus amygdalae ist zweifelsohne ebenfalls kortikaler Abkunft. Er enthält Pyramiden und Spindelzellen in unregelmässiger Anordnung.

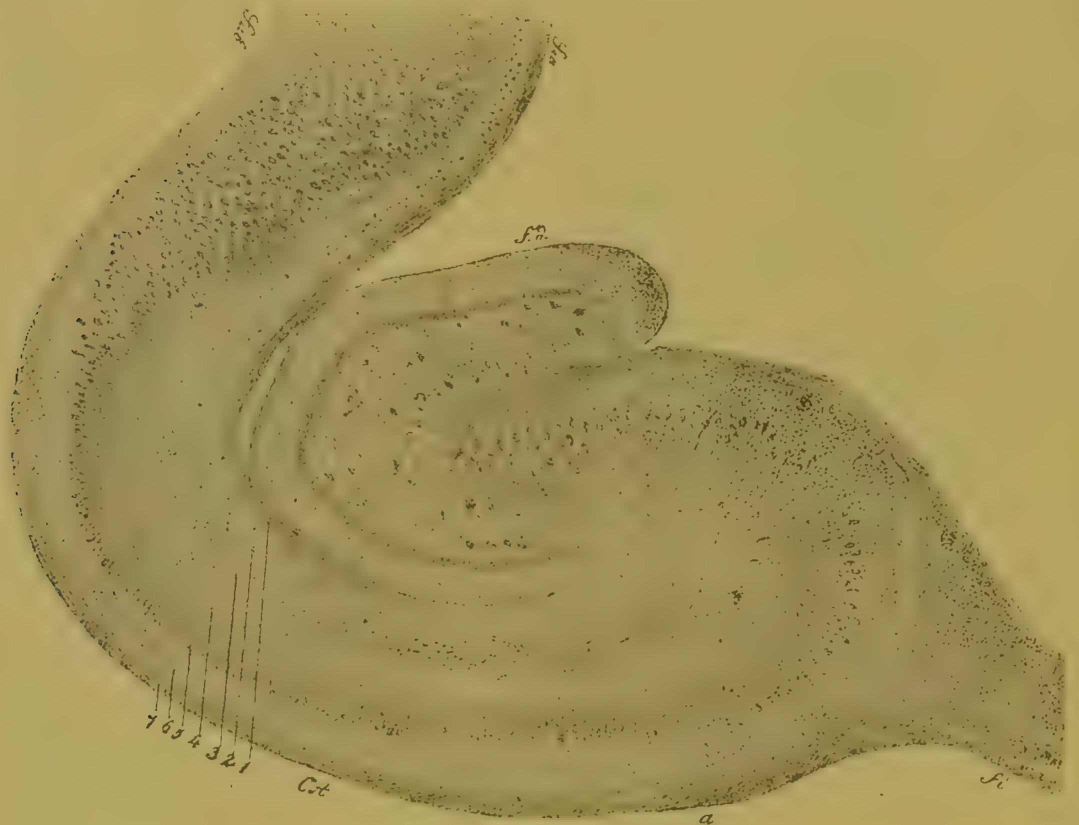


Fig. 434.

**Verhalten der Nervenzellen und Nervenfasern im Ammonshorne des Hundes.** *CA* Cornu Ammonis; *Sub* Subiculum cornu Ammonis; *Sra* Substantia reticularis alba; *Fd* Fascia dentata; *fi* Fimbria; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 die einzelnen Schichten des Ammonshornes. Härtung mit Osmiumsäure und Aufhellung mit Ammonium liquidum nach *Exner*.

Die Rinde der Occipitalwindungen in der Nachbarschaft der Fissura calcarina bezw. am Orte des *Vicq d'Azyr*schen oder *Gennari*schen Streifens (Fig. 431) ist gekennzeichnet durch reiche Entfaltung der Tangentialfaserschicht und relatives Zurücktreten der feinkörnigen Lage, durch Armut an grossen Pyramiden und starke Zunahme der kleinen unregelmässig geformten oder polygonalen Zellelemente. Während letztere in anderen Gegenden der Endhirnrinde teils zerstreut in verschiedenen Schichten vorkommen, grösstenteils aber im Verein mit Spindelzellen sich an der Grenze des Marklagers anhäufen, erzeugen sie hier eine unmittelbar an die Schicht der kleinen Pyramiden sich anlehnende mächtige Lage. Ein bis zwei blassere Streifen, in denen hin und wieder vereinzelte oder gruppenbildende grosse Pyramiden angetroffen werden, durchziehen diese Lage (Fig. 432). Der *Vicq d'Azyr*sche

oder *Gennari*sche Streifen wird von einem an der Grenze der kleinen und grossen Pyramiden ausgespannten dichten Netze markhaltiger Nervenfasern gebildet. Im übrigen lässt die Rinde der Occipitalwindungen keine nennenswerten Abweichungen von dem gewöhnlichen Fünf- bezw. Vierschichtentypus erkennen (Fig. 427 und 428).

In der Rinde des Subiculum cornu Ammonis ist die mächtige Entwickelung der als Substantia reticularis alba bekannten äusseren Faserschicht besonders auffallend. Diese Schicht setzt sich auf das Ammonshorn fort, jenes eigentümliche Gebilde, in welchem zwei Windungen ihre Molekularlagen einander zuwenden, wobei die weisse Mark-




Fig. 435.

Schema des Ammonshornes und der Fascia dentata. Das Verhalten der grossen Pyramiden der unteren Ammonsgegend zu den Fasern aus der Körnerschicht ist dargestellt. *A* Stratum moleculare des Gyrus dentatus; *B* Körnerschicht; *C* Stratum moleculare der Regio terminalis des Ammonshornes; *D* Längsbündel aus Moosfasern (Neuriten der Körnerschicht); *E* Neurit einer grossen Pyramidenzelle, zur Fimbria hinziehend; *F* Fimbria; *G* kleine oder obere Pyramiden; *H* grosses aufsteigendes Kollateralenbündel; *i* Kollateralen der weissen Substanz; *J* Faserendigungen aus dem Subiculum; *L* Pyramidenzellen des Subiculum, deren Neuriten in das Ammonshorn eintreten. Nach *Ramón y Cajal.*

decke — sie heisst hier Lamina medullaris involuta — infolge der Auflagerung der Fascia dentata in der Tiefe der Hirnsubstanz sich verbirgt (1 Fig. 434). Im übrigen zeigt das Subiculum mangelhafte Entfaltung der vierten Schicht. Dagegen sind grosse Pyramiden von gleichmässig mittleren Dimensionen sehr reichlich vorhanden; ihre langen Gipfelfortsätze erzeugen hier das mehr oder weniger scharf gesonderte Stratum radiatum. Auch in der Rinde des Gyrus cinguli, welche in

die des Subiculum allmählich übergeht, findet sich über der Schicht der grossen Pyramiden ein solches Stratum radiatum.*)

Das eigentliche Ammonshorn zeichnet sich nicht nur durch reiche Entwickelung des äusseren Marklagers, sondern auch durch besondere Entfaltung der gesamten ersten oder Neurogliaschicht und der grossen Pyramiden aus. Im Gegensatze hierzu treten die übrigen Schichten seiner Rinde in auffallendem Grade zurück. Im ganzen können in der Rinde des Ammonshornes fünf Schichten unterschieden werden (Fig. 434): 1. Die Lamina medullaris involuta; 2. das Stratum moleculare, besteht a) aus der eigentlichen Molekularschicht, b) dem Stratum lacunosum, einem lockeren weitmaschigen Grundgewebe mit reichlichen Gefässen und Lymphräumen und zahlreichen längsverlaufenden Markfasern an seiner Basis (Stratum medullare med.), c) einem nicht überall deutlichen, grösstenteils rudimentären Stratum granulosum mit dichtgedrängten kleinen Pyramiden, und d) einem Stratum radiatum, gebildet von radiären Pyramidenfortsätzen der folgenden Schicht; 3. die grossen Pyramiden, inmitten einer feinkörnigen Zwischensubstanz zu dichten Reihen angeordnet. Es folgt 4. die bei dem Menschen undeutliche Schicht kleiner, vorwiegend polygonaler und spindelförmiger Nervenzellen: Stratum oriens. Endlich 5. die weisse Markschicht des Ammonshorns, der sich unmittelbar in die Fimbria fortsetzende sogen. Alveus. Seine Fasern leiten sich aus Achsencylindern von Pyramiden der vorigen Schicht her. Doch bezieht die Fimbria einen Teil ihrer Elemente zweifellos aus dem Gyrus dentatus.

In der Fascia dentata verschwinden einige von den genannten Schichten, so dass hier deren nur drei erübrigen (Fig. 434), nämlich 1. ein Stratum moleculare, liegt aussen, nur von einer schmächtigen Faserschicht (Stratum marginale) umgeben; 2. ein gut ausgeprägtes Stratum granulosum, bestehend aus dichtgedrängten kleinen Pyramidenzellen, und 3. eine Lage pyramidenförmiger und polymorpher Zellen in der Tiefe, deren Gesamtheit Nucleus fasciae dentatae genannt wird.

Bezüglich der Schichtung des Ammonshorns und der Fascia dentata herrscht unter den neueren Autoren auf diesem Gebiete (*Golgi, Ramón y Cajal, Sala, Schaffer* und andere) keine volle Einigung. Die fraglichen Differenzen sind hier jedoch von keinem grossen Belang, denn sie zeigen uns nur, wie sehr jeder künstlichen Einteilung von Naturerscheinungen unvermeidlich der Charakter des Bedingten anhaftet. Von um so grösserem Interesse erscheinen einige durch An-

*) Die Cingulumrinde setzt sich als feinste Schicht auf die Oberfläche des Balkens fort als sogen. Induseum cinereum; dessen verdickte Teile werden als Striae mediales s. Lancisii und Striae externae s. laterales bezeichnet.

wendung der *Golgi*schen Methode aufgefundene Besonderheiten im Baue des Ammonshornes.

Vor allem erweist sich hierbei der Alveus aus Neuriten von Pyramiden und polymorphen Zellen, sowie aus eintretenden Fremdfasern zusammengesetzt (Fig. 435). Einige aufsteigende Kollateralen jener Neuriten verästeln sich zwischen den Pyramidenzellen. Die Lage der polymorphen Zellen enthält eigentlich zweierlei Elemente. In ihrer

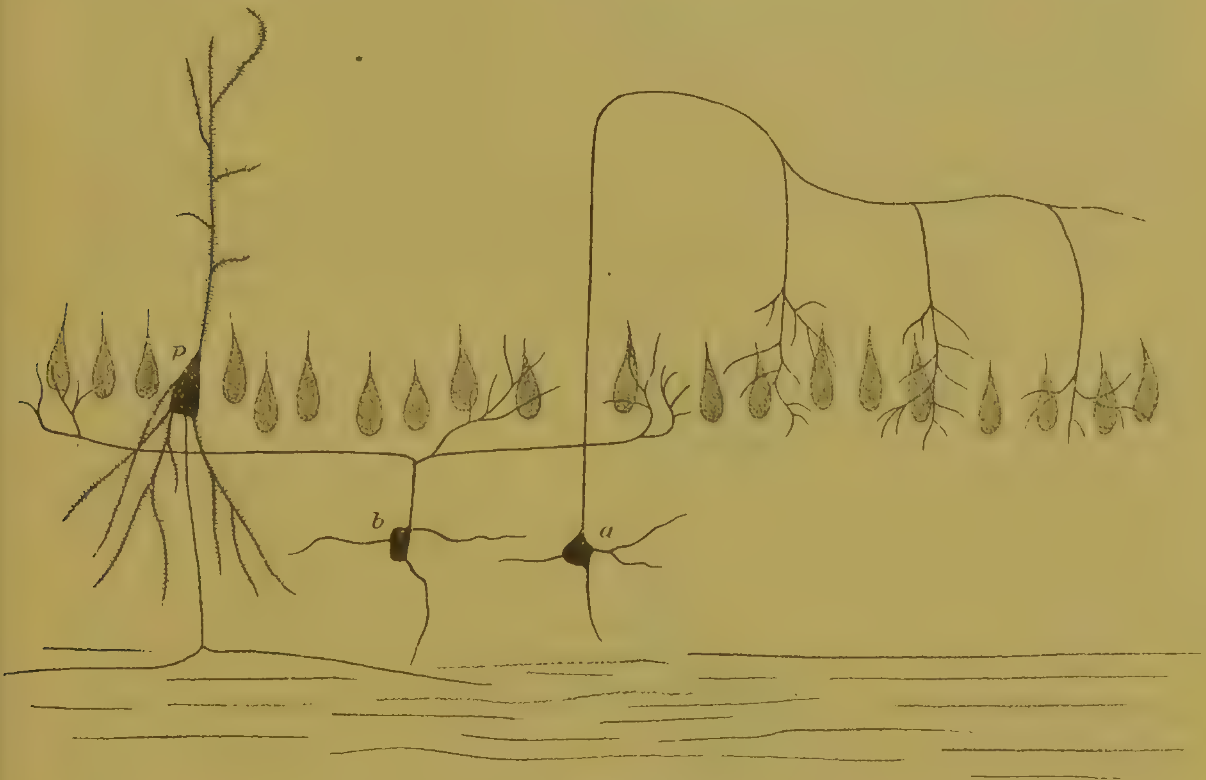



Fig. 436.
Aus der Rinde des Ammonshornes vom Kaninchen. *a*, *b* Associationszellen, ihre Neuriten senden Endbüschel in die Schicht der Pyramidenzellen *A* hinein. Links ist eine Pyramidenzelle mit allen Einzelheiten dargestellt. Durch ihren absteigenden Neuriten tritt sie mit dem Hemisphärenmark, durch ihre aufsteigenden Dendriten mit anderen hier nicht angegebenen Fasersystemen und Zellen in Verbindung.

unteren Hälfte finden sich parallel zu den Faserzügen des Alveus nur Spindelzellen, deren Neuriten sich schnell in feine Reiser auflösen (*Ramón y Cajal*). Die untere Abteilung dieser Schicht erscheint von dichterem Gefüge, indem zu den besonderen Nervenzellen dieser Gegend Dendriten höhergelegener Pyramiden, deren Neuriten und Kollateralen hinzutreten. Von Nervenzellen giebt es hier drei Arten: solche mit absteigenden, mit aufsteigenden und horizontalen Achsencylinderfortsätzen (*Schaffer*). Die ersten entsprechen zerstreuten Pyramiden, welche gleich anderen solchen Elementen der darüberlagernden Schicht ihre Neuriten zum Alveus abgeben. Die zweiten (Fig. 436*b*) zeigen die Besonderheit, dass ihre Achsencylinder zu der radiären Schicht emporsteigen und hier eine Anzahl Kollateralen entwickeln. Diese sowohl wie das

Ende des Achsencylinders selbst wenden sich hierauf abermals nach unten zu den Pyramiden, wo sie im Vereine mit den horizontalen Neuriten anderer Zellen der nämlichen Schicht ein pericelluläres Geflecht erzeugen. Infolge dieses Verhaltens der Neuriten gewinnt jede solche Zelle Beziehungen zu ganzen Reihen von Pyramiden und gleichzeitig zu einigen oberflächlichen Zellelementen der Molekularlage (*Ramón y Cajal*). Die Zellen mit horizontal verlaufendem Achsencylinder endlich erscheinen von sternförmiger Gestalt (Fig. 436 *a*). Ihre rosenkranzförmig sich verästelnden Neuriten senden verzweigte Kollateralen zu der Lage der grossen Pyramiden bezw. zu den pericellulären Geflechten hierselbst.




Fig. 437.

Pyramidenzelle aus dem Ammonshorne. Den basalen Dendriten der Zelle *a* nähern sich von verschiedenen Seiten her Fasern (*f*) und endigen unter baumförmiger Verästelung. Behandlung mit der *Golgi*schen Methode.

Die beiden zuletzt genannten Arten von Zellelementen besitzen somit in Bezug auf die Pyramiden der darüber liegenden Schicht die Bedeutung von Associationszellen.

Diese mehr der Spindelform sich nähernden Pyramidenzellen zeigen einen mit kollateralen Reisern besetzten, ungemein langen Gipfelfortsatz, dessen freie Endramifikationen zu den äusseren Abschnitten der Molekularschicht, der Lamina involuta, vordringen. Die Zellbasis aber lässt einen üppigen Dendritenbusch hervorgehen; demselben nähern sich

die Enden horizontaler Neuriten von Sternzellen des Ammonshornes (Fig. 437). Im ganzen besitzen die Pyramiden des Ammonshornes viel Ähnlichkeit mit denen des Lobus piriformis. Die Neuriten der Pyramidenzellen weichen bei ihrem Eintritte in den Alveus oft T-förmig in je zwei Äste auseinander; die feineren Äste erzeugen unter dem Corpus callosum eine Kommissur zwischen den oberen Enden der Ammonshörner (*Ramón y Cajal*). Einige Kollateralen, die den Neuriten der Pyramiden während ihres absteigenden Verlaufes entspringen, verlieren sich in der darunterliegenden polymorphen Zelllage.

Gewisse Unterschiede sind zwischen den Pyramidenzellen der unteren — vis-à-vis und unter der Fimbria gelegenen — und denen der oberen Abschnitte des Ammonshornes nicht zu verkennen (Fig. 435). Jene sind viel ansehnlicher als diese, mit kürzerem, schnell sich aufzweigendem federbuschartigem Gipfeldendriten. Jene senden ihre Neuriten zur Fimbria, diese lassen sie zum Teile in dem Grau des Subiculum frei endigen (Fig. 435). Dort würde somit der Ursprung von Projektionsfasern, hier eine Quelle von Associationsbahnen zu suchen sein. *Schaffer* beschreibt ferner an den grossen Pyramiden der unteren Ammonsregion einen bis zwei starke aufsteigende Äste; dieselben nehmen nach Erreichung des Stratum lacunosum horizontalen Verlauf an und treten in der oberen Ammonsgegend, wo ihre Endäste liegen, mit den Verästelungen von Gipfelfortsätzen kleinerer Pyramiden in Beziehung. Noch ein weiteres Merkmal unterscheidet die grossen Pyramiden von den übrigen. Zellkörper und Gipfelfortsatz erscheinen nämlich bei diesen zumeist glattrandig, bei jenen zeigt der Gipfeldendrit und der obere Teil des Zellleibes eine Reihe starker, durch Einschnitte voneinander getrennter, verästelter Auswüchse (Fig. 435). Moosfasern und Äste solcher, die sich als Neuriten von Körnerzellen der Fascia dentata kenntlich machen, werden von diesen Auswüchsen aufgenommen und gelangen so in unmittelbaren Verkehr mit den grossen Pyramiden.

Das Stratum moleculare besteht, wie erwähnt, aus drei Abteilungen: einer radiären, lakunösen und einer eigentlich feinkörnigen (Fig. 434 2, 3, 4).

In dem Stratum radiatum verlaufen strahlige Dendriten darunterliegender Pyramiden neben Dendriten von Associationszellen (Fig. 435). Ausserdem finden sich hier Nervenzellen von verschiedener Form: teils isoliert liegende, in dem Verhalten ihrer Fortsätze mit den grossen Pyramiden der tieferen Schicht übereinstimmende kleine Pyramidenzellen, teils ansehnliche sternförmige oder dreieckige Zellen mit schräg oder parallel zur Molekularlage hinziehenden Achsencylindern, die sich gewöhnlich unter rechten Winkeln in zahlreiche, in verschiedenen Tiefen der Radiärschicht verstreichende Reiserchen aufzweigen. Andere dreieckige oder sternförmige Zellen hierselbst schicken die

Enden ihrer Neuriten abwärts zu Pyramiden- oder polymorphen Zellen der tieferen Nachbarschicht. Endlich besitzt das Stratum radiatum Nervenzellen mit aufsteigenden Neuriten, deren Enden sich in der feinkörnigen oder lakunösen Schicht verlieren.

Das Stratum lacunosum setzt sich aus kleinen Nervenzellen von grösstenteils dreieckiger Gestalt und aus horizontalen Faserzügen zusammen. Jene bilden in der unteren Abteilung dieser Schicht unregelmässige Reihen. Ihre Neuriten verlaufen für gewöhnlich horizon-




Fig. 438.
Isolierte Riesenpyramide aus der motorischen Zone der Endhirnrinde des Menschen. *a* Neurit; *b* Gipfelfortsatz. Karminpräparat.

tal und endigen teils in dem Stratum lacunosum selbst, teils in dem darüberliegenden Stratum moleculare. Eine Anzahl von Neuritenkollateralen grosser Pyramidenzellen biegt hierher um.

An der Basis des Stratum moleculare ist von mir eine besondere Lage teils longitudinaler, teils schräger Faserzüge nachgewiesen worden (Fig. 440). Diese Faserzüge erweisen sich in Gemässheit der späteren Ermittelungen *Schaffers* als umbiegende starke aufsteigende Kollate-

ralen darunterliegender Pyramiden, die hier mit den Federbuschverästelungen kleinerer Pyramidenzellen in Verkehr gelangen (Fig. 440).

Was die äusserste, faserige Abteilung des Stratum moleculare, die sog. Lamina medullaris involuta betrifft, so zeugen Silberpräparate mit grösster Bestimmtheit für eine Zusammensetzung derselben aus Endigungen federbuschförmig sich verästelnder Pyramidendendriten, sowie aus zahlreichen Nervenfasern, die teils als Verästelungen von Cylindern besonderer Zellen der angrenzenden lakunösen Schicht, teils als solche aufsteigender Neuriten von Pyramiden, teils endlich als Enden hier




Fig. 439.

Durchschnitt der Fascia dentata eines drei Tage alten Kaninchens. Nach *Ramón y Cajal*. *A* feinkörnige Schicht; *B* Körnerschicht; *C* polymorphe Zellschicht; *D* feinkörnige Zone des Ammonshornes; *a*, *b* Zellen der Zona molecularis; *d* Zelle aus der Körnerschicht; *e* Zelle der Körnerzone; *f* Pyramidenzelle mit aufsteigendem Neuriten; *h* Zelle, deren aufsteigender Fortsatz in das supra- und intramolekuläre Geflecht eintritt; *g* Zelle mit aufsteigendem, in der Zona molecularis sich verästelndem Fortsatz; *i*, *j*, *m* Zellen, deren Neuriten zum Alveus hinabsteigen; *c* Neuriten.

eintretender Markfasern sich darstellen. Infolge des innigen Kontaktes der Nervenfasern mit den horizontalen Fortsätzen werden die hinzugehörigen Zellen hier leicht miteinander Beziehungen eingehen können.

Die **Fascia dentata** zeigt bezüglich des Baues ihrer feinkörnigen Schicht keine nennenswerten Abweichungen von anderen Gegenden der Hirnrinde. Es kommen hier zwei Arten von Fasern vor (Fig. 439), nämlich Protoplasmafortsätze tiefer liegender Nervenzellen und Endverästelungen von Nervenfasern. Ausserdem werden hier den Zellen der Körnerschicht ähnliche zerstreute Pyramiden mit langen, in das Stratum lucidum eintretenden Neuriten (Fig. 439 *d*), sowie kleine Zell-

elemente mit kurzen verästelten Achsencylindern (Fig. 439*a*) angetroffen. Jene werden früher oder später absteigend und zu Fasern des Stratum lucidum (Regio suprapyramidalis); diese, schmächtiger als die vorigen, splittern sich schon nach kurzem Verlaufe in den äusseren Abschnitten der Molekularschicht in feine Reiser auf. Übrigens erscheinen die tieferen Zellen des zweiten Typus (Fig. 439*b*) ansehnlicher, dreieckig oder sternförmig, mit langen verzweigten Dendriten; auch sind ihre Neuriten stärker, von verschiedener Verlaufsrichtung und ungleicher Verästelung, sammeln sich schliesslich in dem Aussen-




Fig. 440.

Schema des Ammonshornes und der Fascia dentata. Das Verhalten der grossen Pyramiden der unteren Ammonsgegend zu den Fasern aus der Körnerschicht ist dargestellt. *A* Stratum moleculare des Gyrus dentatus; *B* Körnerschicht; *C* Stratum moleculare der Regio terminalis des Ammonshornes; *D* Längsbündel aus Moosfasern (Neuriten der Körnerschicht); *E* Neurit einer grossen Pyramidenzelle, zur Fimbria hinziehend; *F* Fimbria; *G* kleine oder obere Pyramiden; *H* grosses aufsteigendes Kollateralenbündel; *i* Kollateralen der weissen Substanz; *J* Faserendigungen aus dem Subiculum; *L* Pyramidenzellen des Subiculum, deren Neuriten in das Ammonshorn eintreten. Nach *Ramón y Cajal.*

teil des Stratum moleculare und durchlaufen hier weite Strecken in horizontaler Richtung (*Ramón y Cajal, Sala*).

Die Zellen des Stratum granulosum (Fig. 439*e* u. 442), von ovoider oder dreieckiger Form, wenden ihre sämtlichen Dendriten der feinkörnigen Schicht zu; ihre Neuriten ziehen abwärts, geben eine Anzahl (4—8) geschlängelte Kollateralen ab (Fig. 439 u. 442*c*) und verlaufen sodann als gangliöse Fäden gegen das Stratum lucidum. Die genannten Kollateralen erzeugen unter der Körnerschicht ein dichtes Geflecht um die hier lagernden polymorphen Nervenzellen (Fig. 441).




Fig. 441.
Fascia dentata der neugeborenen Katze. *Golgi*-Behandlung. Zellen aus der Lage der kleinen Pyramiden sind dargestellt. *c* Neuriten dieser Zellen, alsbald in zahlreiche Reiser zerfallend; *a* Moosfasern mit Endpinseln.

Einige von ihnen besitzen aufsteigenden Verlauf und verästeln sich, wie ich mit *Schaffer* bestätigen kann, zwischen den Zellelementen des Stratum granulosum. Die Achsencylinder selbst erscheinen während ihres Verlaufes nodös verdickt, entwickeln kurze feine Kollateralen (Fig. 440 *D*), deren Länge mit dem Abstande von der Zelle zunimmt, und zeigen viel Ähnlichkeit mit Moosfasern des Kleinhirns. Von *Sala* aufgefunden wurden sie späterhin von *Schäffer* und *Ramón y Cajal* bei neugeborenen Kaninchen und Meerschweinchen genauer verfolgt und von mir auch bei der neugeborenen Katze nachgewiesen. Nach Erreichung des Stratum lucidum bezw. der Regio suprapyramidalis biegen sie gewöhnlich in Längsrichtung um und enden schliesslich frei, ohne stärkere Äste zu entwickeln (Fig. 440 *D*). Die Endverästelungen scheinen mit den Körpern und Gipfelfortsätzen grosser Pyramiden des Ammonshornes in Beziehung zu treten (*Ramón y Cajal*). In den unteren Abschnitten der Körnerschicht, ja manchmal noch tiefer kommen ausser den geschilderten pyramiden-




Fig. 442.
Eine Nervenzelle aus der Lage der kleinen Pyramiden in der Fascia dentata. *c* Neurit, bald nach seinem Ursprunge zahlreiche lange verzweigte Kollateralen abgebend. *Golgi*-Behandlung.

förmige Zellelemente vor, die denen der Endhirnrinde ähnlich sehen. Aus der Basis derselben dringen einige verästelte Protoplasmafortsätze gegen die tieferliegende Schicht vor, während ihre Neuraxonen zu dem Stratum moleculare aufsteigen und hier in Äste zerfallen. Nach *Ramón y Cajal* zeigen die letzterwähnten Fortsätze die Eigentümlichkeit, dass sie aus einem der Hauptdendriten an der oberen Grenze der

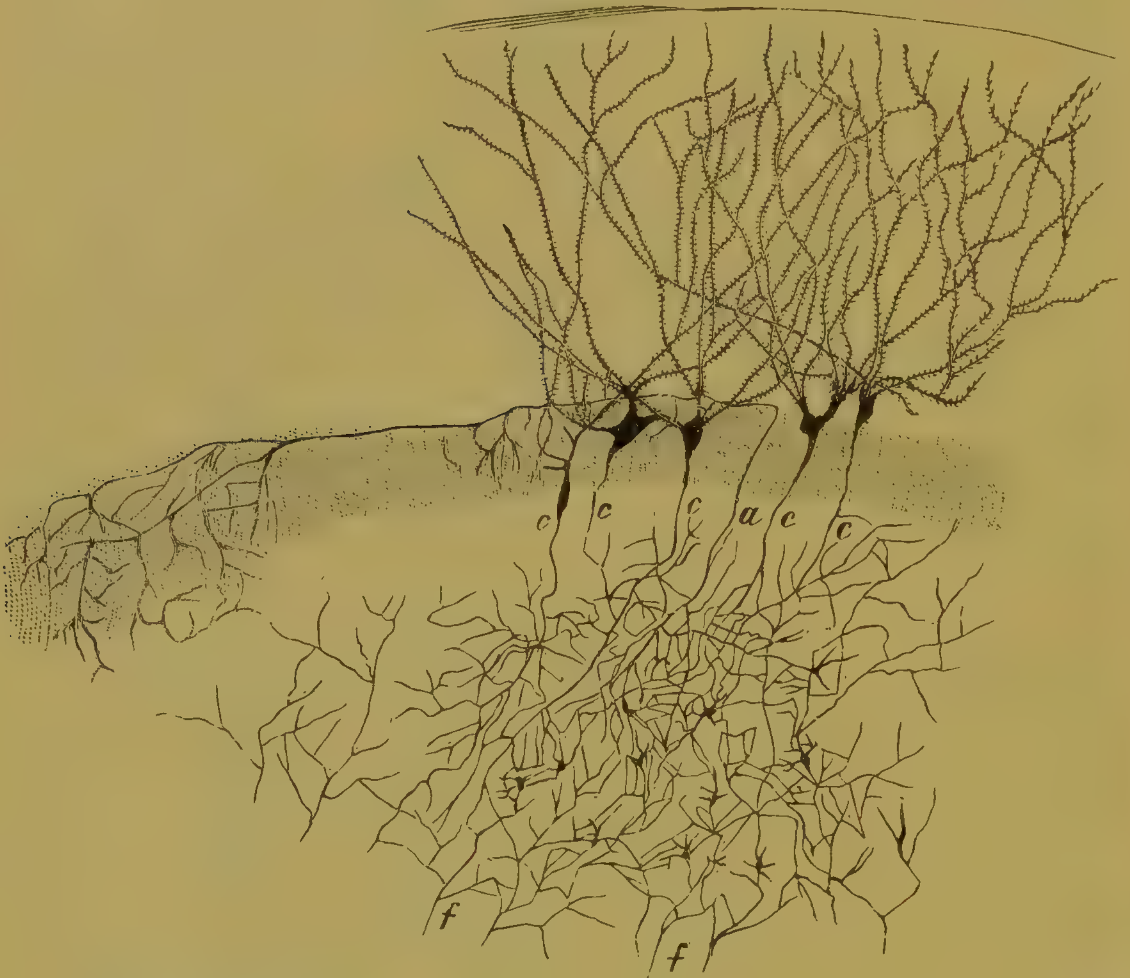



Fig. 443.

**Fascia dentata und Ammonshorn der neugeborenen Katze.** *Golgi*-Methode. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. Aus der Lage der kleinen Pyramiden sind einige Zellen gefärbt. *c, c, c, c, c* Neuraxonen dieser Zellen, in das dichte Geflecht der tieferliegenden Schicht eintretend; *a* eine Faser, die aus dem genannten Geflecht hervorgehend längs der Schicht der kleinen Pyramiden umbiegt, wo sie unter Abgabe feinster Kollateralen baumförmig endigt; *f* Moosfasern der darunterliegenden Schicht.

Körnerlage hervorgehen und sodann, horizontal geworden, mittelst absteigender Endbäumchen Zellelemente der Körnerlage umspinnen (Fig. 439). So entstehen zwei Geflechte: eines in der unteren Abteilung des Stratum moleculare — aus Neuriten, und ein zweites im oberen Abschnitt des Stratum granulosum, aus Endzweigen von Neuriten gebildet. Jede Zelle der Körnerschicht ist geradezu eingehüllt in ein Geflecht zahlreicher geschlängelter rosenkranzförmiger Fäserchen. Die vorhin erwähnten Zellelemente habe ich an eigenen Präparaten wieder-

holt gesehen, vermag aber einen Ursprung ihres Neuraxonen von dem Haupt- oder Gipfeldendriten und den angegebenen Verlauf dieses Fortsatzes nicht zu bestätigen. Hingegen habe ich das Geflecht der Körnerschicht, und zwar sowohl in dem oberen, wie im unteren Abschnitt derselben, mit aller Bestimmtheit nachweisen können (Fig. 443 *a*). An den Geflechten beteiligen sich aufsteigende Fasern aus Zellen tieferer Schichten. Nach Erreichung der oberen Grenze der Körnerlage werden diese Fasern horizontal und gehen unter Abgabe feinster Kollateralen, ja zuweilen unter Zerfall in zwei starke Äste innerhalb des Stratum granulosum in ihre Endramifikation und in das erwähnte Geflecht über.

In der polymorphen Zellschicht unterscheidet *Ramón y Cajal* eine oberflächliche retikuläre und eine tiefe Lage, die Zone der unregelmässigen Zellen. Erstere enthält ausser dem beschriebenen Geflecht 1. ovoide, dreieckige und sternförmige Zellen mit zu der feinkörnigen Schicht aufsteigenden Neuriten, die entweder hierselbst T-förmige Teilungen eingehen (Fig. 439 *g*) oder das supra- und intragranulöse Geflecht bilden helfen (Fig. 439 *h*); 2. Spindel- oder sternförmige Zellen. Ihre absteigenden, in den Alveus übergehenden Neuriten (Fig. 439 *i*) entwickeln während ihres Durchtrittes durch die Lage der irregulären Zellen in der Regel eine Anzahl feiner Kollateralen, wovon einige in die Retikulärschicht gelangen; 3. sternförmige Elemente von *Golgis* zweitem Typus. Die Dendriten derselben strahlen nach verschiedenen Richtungen aus und erreichen teilweise sogar die feinkörnige Lage der Fascia dentata; ihre Neuriten gehen bald nach der einen, bald nach der anderen Seite und zerfallen schliesslich, gleichfalls unter Beteiligung an dem intercellulären Flechtwerk der oberflächlichen Schicht, in rosenkranzförmige Ästchen. — In der tiefliegenden Zone der irregulären Zellelemente, über dem Stratum moleculare des Hilus cornu Ammonis findet sich eine wohlcharakterisierte Reihe von Zellformen, nämlich 1. dreieckige, pyramiden- oder sternförmige Zellen (Fig. 439 *m*, *j*), deren absteigende Neuriten zur Gegend des Alveus verfolgt werden können, wogegen die Protoplasmafortsätze sich häufig bis zum Stratum moleculare der Fascia dentata ausbreiten; 2. Horizontalzellen von länglicher oder Spindelform. Ihre aufsteigenden Achsencylinder geben schon in der darüberliegenden Schicht Äste ab und erreichen nach Erzeugung einiger Kollateralen das Stratum moleculare, wo sie mit starken Endbäumen aufhören. In dieser Schicht sollen auch Elemente mit kurzverästelten Neuriten vorkommen *(Ramón y Cajal)*.

Die Strukturverhältnisse des Ammonshornes beanspruchen gegenwärtig ein besonders hohes Interesse. Denn nach den Ermittelungen von *Edinger* erweist sich die Ammonsrinde als die in der Tierreihe zuerst auftretende; sie steht hier gleichzeitig in innigster Beziehung zu der Geruchfunktion. Hieraus würde sich, da die Endhirnrinde das

Organ der höheren psychischen Verrichtungen darstellt, die Ableitung gewinnen lassen, dass die ersten Anfänge des Seelenlebens auf Geruchswahrnehmungen zurückgehen, ja ursprünglich im Dienste dieser Funktion gestanden haben. Die phylogenetisch älteste Rinde, wie wir sie z. B. bei der Schildkröte vorfinden, kann bezüglich ihres Schichtenbaues nicht nur der Ammonsrinde unmittelbar gegenübergestellt werden, sondern weist auch direkt auf Beziehungen des Riechapparates zu der primären oder Urrinde hin.

*Edinger*s und *Herrik*s schöne Untersuchungen haben dargethan, dass von den niederen Wirbeltieren bis hinauf zu der Klasse der

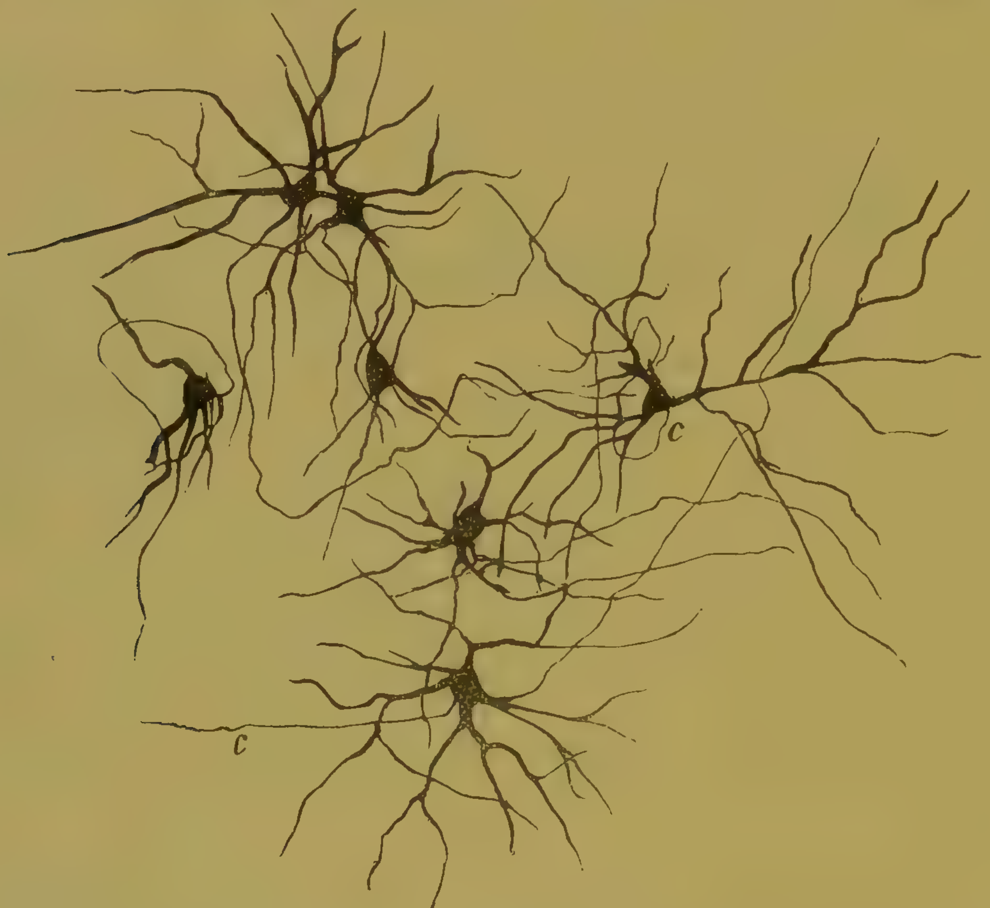



Fig. 444.
Nervenzellen aus dem Nucleus caudatus der neugeborenen Katze. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c*, *c* Neuriten. *Golgi*-Methode.

Säuger die Rinde allmählich nach aussen und dorsalwärts auswächst. Am frühesten werden die Riechcentra angelegt. Der Riechnerv strahlt phylogenetisch zuerst in die Hirnrinde ein. Bei den Fischen endigen seine Fasern noch im Gebiete des Hirnstammes, bei den Amphibien streben sie zu der primitiven Rinde empor; in der Reihe der Reptilien aber gelangt bereits ein ansehnliches Rindenfeld zur Entfaltung mit allen Besonderheiten und Lagebeziehungen der Ammonsrinde der Säugetiere, wo der centrale Riechapparat eine so ausserordentliche Entwickelung und eine so eigenartige Lagerung darbietet.

Die im vorhergehenden erörterten regionalen Unterschiede im Baue der Hirnrinde erweisen sich, wie man bei genauerer Betrachtung leicht erkennt, nirgends als spezifische Besonderheiten einzelner Rindenabschnitte. Es wird somit die jeweilige Funktion eines Rindenfeldes nicht so sehr von strukturellen Eigentümlichkeiten, als vielmehr durch die Art der peripheren Beziehungen der entsprechenden Leitungsbahnen bedingt sein. Auch der einzelnen Hirnzelle darf keine spezifische Funktion beigemessen werden. Nicht die Zelle selbst, nicht Besonderheiten ihrer Struktur also sind bestimmend für die Natur des Reizzustandes und des damit verknüpften physiologischen Erfolges, sondern die den centrifugalen und centripetalen Bahnen eigentümlichen peripherischen Anordnungen erscheinen als die allein massgebenden Faktoren.

So ist es im allgemeinen auch bezüglich des Aufbaues der Rindenganglien des Endhirnes.

Versilberte Durchschnitte des Corpus striatum weisen sternförmige oder dreieckige Zellelemente mit langen Protoplasmafortsätzen auf (Fig. 444). Die Achsencylinder endigen nach Abgabe mehr oder weniger zahlreicher Kollateralen bald in dem Ganglion selbst, bald treten sie absteigend in das Gebiet der Capsula interna hinein; auch kurzverzweigte Neuriten kommen vor. Daneben finden sich freie Endigungen hierher gelangender Hirnschenkelfasern. Ferner verlaufen durch das Corpus striatum, den Zellen desselben Kollateralen zusendend, eine Reihe verschieden starker Faserbündel aus der inneren Kapsel.




Fig. 445.
Sternzellen aus der Endhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. *ce* äussere Rindenschicht; *c*, *c*, *c*, *c* Neuriten; *col* Kollateralen letzterer, an die Körper und Dendriten von Nachbarzellen herantretend. Behandlung mit der *Golgi*schen Methode.




Fig. 446.
Vertheilung der Nervenzellen und Nervenfasern in der Endhirnrinde des Menschen. Fünf- bezw. vierschichtiger Typus. Härtung in Osmiumsäure und Aufhellung mit Ammonium liquidum.

Nach der Art ihrer Verbindungen können die zur Hirnrinde in Beziehung tretenden Fasermassen unterschieden werden in 1. solche, die aus dem Rindengrau des Endhirns zum Hirnstamme und zu den Hirnganglien und umgekehrt verlaufen: centrifugale und centripetale Leitungs- oder Projektionsfasern, und 2. Eigenfasern der grauen Substanz der Endhirnhemisphären: Associationsbahnen.

An *Weigert*schen oder *Pal*schen Querschnitten sieht man grosse Mengen markhaltiger Nervenfasern, sei es dass sie als Neuriten hierselbst entspringen oder um Rindenzellen frei endigen, nach allen möglichen Richtungen das Rindengrau durchziehen. Fast überall wird daher ein zartes, nicht selten ungemein zierliches Flechtwerk angetroffen. Viele quer- und schräg verlaufende Elemente dieses Geflechtes stellen Neuritenkollateralen (Fig. 445) und Associationsbahnen dar, die sich hier und da zu Schichten aneinanderlegen; sie gelangen an einem späteren Orte zur Untersuchung. Hier soll zunächst ausschliesslich von den Projektionsfasern die Rede sein.

Schon im Inneren der Rinde, in der dritten Schicht derselben, ja manchmal bereits in der zweiten, beginnen markhaltige Fasern zu Bündeln zusammenzutreten (Fig. 446). Abwärts, gegen das Marklager hin, findet ein stetiges Anwachsen derselben durch Hinzutritt neuer Elemente statt. Diese Bündel sind die Ursprungs- bezw. Endstätten der Leitungs- und Associationsbahnen (Fig. 445).*) Die als Neuriten

*) Die Projektionsbahnen stehen vor allem in Beziehung zu den grossen und kleinen Pyramiden. Die Associationsbahnen

grosser und kleiner Pyramiden entspringenden Centrifugalfasern entwickeln schon im Rindengrau — Methode von *Golgi* und *Ramón y Cajal* — mehr oder weniger zahlreiche Seitenreiser (Fig. 445), auf ihrem weiteren Wege zur inneren Kapsel aber senden sie, wenigstens bei niederen Säugetieren, lange Kollateralen in der Richtung zum Corpus callosum (*Ramón y Cajal*, Fig. 447). Andere Projektionsfasern zeigen nach Erreichung des Markes keine Kollateralenabzweigung, bewahren also im weiteren Verlaufe überall ihre Selbständigkeit.

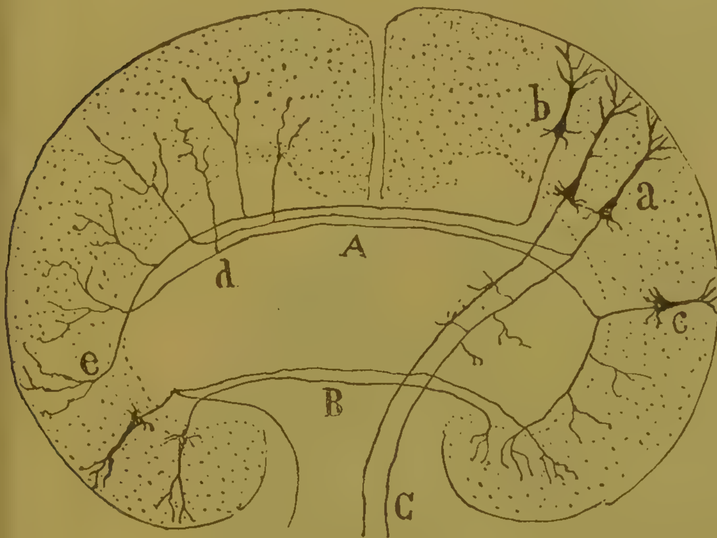



Fig. 447.
Schematisches Querschnittsbild des Gehirns zur Erläuterung des Verhaltens der Kommissuren- und Projektionsfasern im Gebiete der Endhirnhemisphären. *A* Corpus callosum; *B* Commissura anterior; *C* Pyramidenbahn und ihr Ursprung in dem Rindengrau. Nach *Ramón y Cajal*.

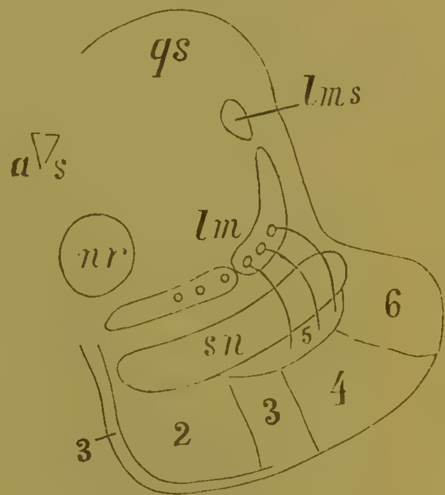



Fig. 448.
Schema über die Anordnung der Faserzüge im Hirnschenkelfusse. *qs* Corpus quadrigeminum anterius; *as* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *sn* Substantia nigra Soemmerringii; *lm* Schleife, in ihrem medialen Teil vorwiegend aus Fasern der Keilstrangkerne, in ihrem lateralen Teile vorwiegend aus solchen der *Goll*schen Kerne bestehend; *lms* obere Schleife aus dem hinteren Vierhügelganglion; 6 temporo-occipitale Endhirnrinden-Brückenbahn; 4 Pyramidenbahn; 3 motorische Hirnnervenbahnen, weiter unten die mediale accessorische Schleife darstellend; 2 frontale Endhirnrinden-Brückenbahn; 5 sensorische Hirnnervenbahnen, den zerstreuten feineren Faserzügen der Schleife entsprechend.

Die Leitungsfasern der Endhirnhemisphären schliessen sich teils an den Hirnstamm an, teils stehen sie unmittelbar in Beziehungen zu den basalen Ganglien. Eine besondere Stellung nimmt die centrale Olfactoriusbahn ein.

Die Endhirnbahnen des Hirnstammes sind an früheren Orten bereits mehrfach berührt worden. Der gesamte Hirnschenkelfuss (Fig. 448) mit dem lateralen Brückensystem, den Pyramidenbahnen, den medialen accessorischen und den zerstreuten Schleifenbündeln, dem medialen Brückensystem und den Faserzügen des Stratum intermedium tritt, wie dort gezeigt wurde, in die Hemisphären hinein. Alle diese Bahnen durchsetzen hier das Gebiet der inneren Kapsel (Fig. 449, 451 *ci*).

sind sowohl mit Spindel- und anderen Zellen der vierten Schicht, als auch mit Pyramiden im Zusammenhang.

Letztere erscheint daher als ein wichtiges Bindeglied zwischen Hirnstamm und Endhirn.

Aber auch die Haube des Hirnschenkels sendet den Hemisphären durch die Capsula interna eine Reihe von Bahnen zu. Es sind dies 1. Faserzüge aus dem vorderen Vierhügelgrau, die als Fortsetzungen der Sehnerven durch den vorderen Bindearm durchtreten; 2. dorsale Elemente der Commissura posterior; 3. Faserzüge der roten Haubenkerne und 4. solche des Corpus subthalamicum.

Auf Horizontalschnitten im Bereiche der Grosshirnganglien und der inneren Kapsel (Fig. 450 u. 451) erscheint letztere bekanntlich medialwärts geknickt und aus einem kleineren vorderen und einem grösseren hinteren Schenkel bestehend. In dem hinteren Schenkel war insbe-

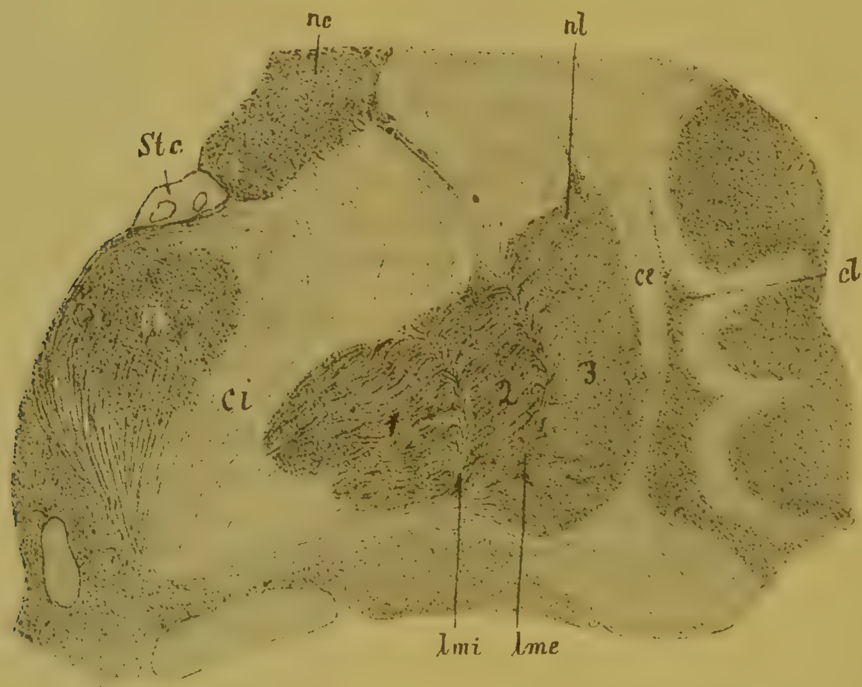



Fig. 449.

Frontalschnitt der rechten Hemisphäre in der Gegend der Grosshirnganglien und der inneren Kapsel. *nc* Nucleus caudatus; *Stc* Stria cornea; *th* Thalamus opticus; *ci* Capsula interna; *ce* Capsula externa; *nl* Nucleus lenticularis; 1, 2 die beiden inneren Glieder des Linsenkerns: Globus pallidus; 3 das äussere Glied des Linsenkerns: Putamen; *cl* Claustrum; *lmi*, *lme* Lamina medullaris interna und externa. — Karminpräparat.

sondere durch *Charcot* und seine Schule auf Grundlage pathologischer Befunde folgende Anordnung der Systeme des Hirnschenkelfusses erschlossen worden: zuhinterst die sensible Bahn der gekreuzten Körperhälfte und die Bahnen der Sinnesorgane (5 Fig. 450); entsprechend etwa dem mittleren Drittel des distalen Schenkels — oder, nach anderer Ansicht, in der Nähe des Knies — die Pyramidenbahnen (4 Fig. 450); endlich nach vorne davon, am Knie der Capsula interna (3 Fig. 450) die centralen Bahnen motorischer Hirnnerven (Facialis, Hypoglossus etc.).

Etwas abweichende Ergebnisse liefert die Berücksichtigung der entwickelungsgeschichtlichen Verhältnisse. Vor allem ist jener Ansicht,

welche der Pyramidenbahn das mittlere Drittel des distalen Schenkels, ja die Nachbarschaft des Knies als Durchtrittsstätte zuweist, entgegenzuhalten, dass das hintere Ende des Linsenkerns bei dem Menschen etwa einer Linie entspricht, die zwischen zweitem und drittem Drittel des Thalamus opticus hindurchgeht. Die Pyramidenbahn aber erscheint auf Horizontalschnitten am hinteren Ende des Linsenkerns, liegt also entsprechend dem mittleren Drittel des Thalamus, zwischen diesem und dem über das zweite Glied des Globus pallidus hinausragenden Stücke des Putamen (Fig. 452 *p*). Diese Lagerung bleibt auch in proximaleren Gegenden im allgemeinen unverändert (Fig. 453 *p*).

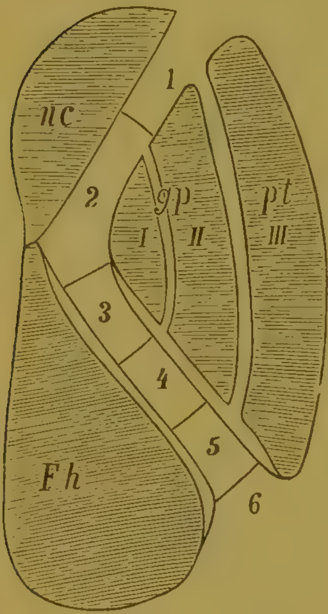



Fig. 450.
Schema über die Anordnung der Faserzüge in der inneren Kapsel. Bezeichnungen im Texte, alles andere wie in Fig. 304.

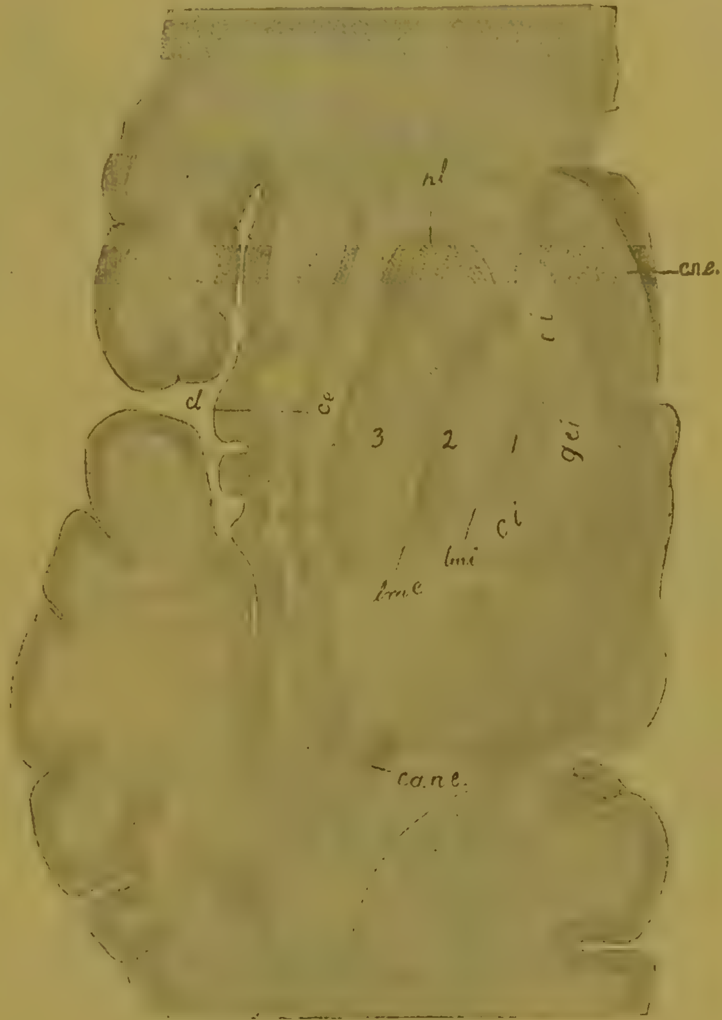



Fig. 451.
Horizontalschnitt der linken Hemisphäre im Gebiete der Grosshirnganglien und der inneren Kapsel. Behandlung nach *Weigert*. *cne* Corpus nuclei caudati; *cane* Cauda nuclei caudati; *nl* (1, 2, 3) Linsenkern mit seinen drei Gliedern; *lmi*, *lme* Laminae medullares interna und externa; *ci* Capsula interna; *gci* Knie der inneren Kapsel; *cl* Claustrum.

Erst während ihres Eintrittes in das Hemisphäreninnere beginnt die Pyramidenbahn in der Richtung zu den Rindencentren fächerförmig auszustrahlen (Fig. 454 *p*).

Der vordere Abschnitt des distalen Kapselschenkels beherbergt zweifellos die accessorische Schleife, also die centrale Bahn der motorischen Hirnnerven (Fig. 452 und 453 *ci*). Wo verlaufen aber die sensiblen

Bahnen für die gekreuzte Körperseite und wo die centralen Bahnen der Sinnesorgane?

Was erstere betrifft, so finden sie sich im Hirnstamme teils in der Schleifenschicht, teils in der Substantia reticularis. Gegen die Hemisphären hin erleidet die sensible Schleifenfaserung teils Unterbrechung

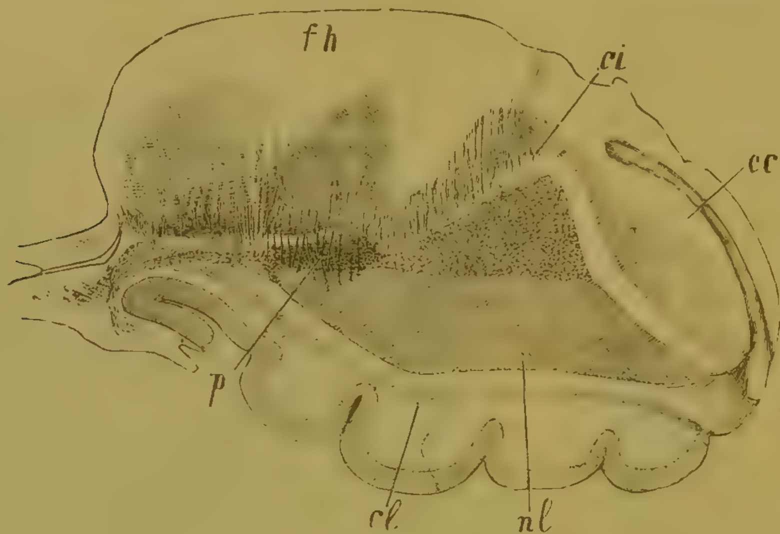



Fig. 452.
Horizontalschnitt durch die innere Kapsel eines einige Wochen alten Kindes. Färbung nach *Weigert*. *th* Thalamus opticus; *cc* Corpus caudatum; *nl* Nucleus lenticularis; *cl* Claustrum; *p* Pyramidenbahn.

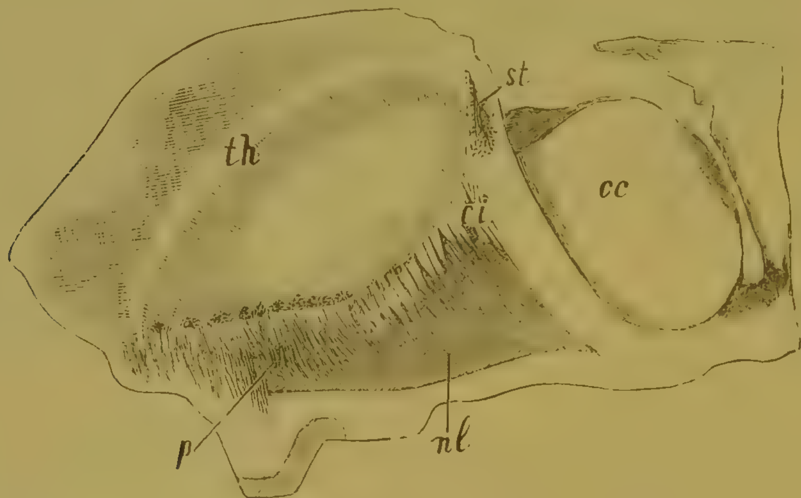



Fig. 453.
Horizontalschnitt der inneren Kapsel von dem Gehirn der Fig. 452 etwas weiter aufwärts. Färbung nach *Weigert*. *th* Thalamus opticus; *cc* Corpus caudatum; *ci* Capsula interna; *nl* Nucleus lenticularis; *st* Stria thalami; *p* Pyramidenbahn.

durch den distalen Thalamusabschnitt (Fig. 455 *ltb*), teils dringt sie in das Mark des Corpus subthalamicum ein und gelangt so zum Globus pallidus (Fig. 455 *lnl*). Ob andere sensible Bahnen bei ihrem Eintritte in die Hemisphären in den Ganglien (Thalami) unterbrochen werden oder unmittelbar die innere Kapsel erreichen, bleibt noch offen; zweifel-

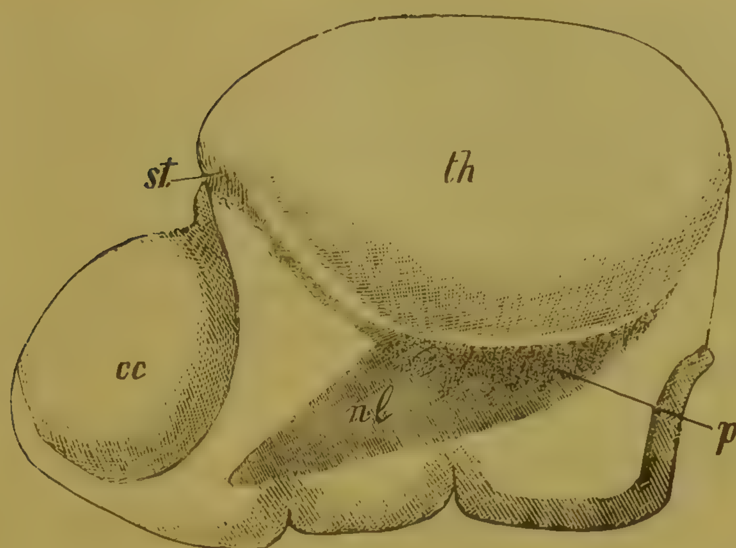



Fig. 454.
Horizontalschnitt an der Übergangsstelle der Capsula interna in die Masse der Hemisphäre von dem Gehirn der Fig. 452. Färbung nach *Weigert*. *th* Thalamus opticus; *cc* Corpus caudatum; *nl* oberer Teil des Linsenkernes; *st* Stria thalami; *p* Pyramidenbahn.

los aber ist, dass sie in der inneren Kapsel hinter der Pyramidenbahn ihre Lage haben. Jene Schleifenfasern, die im Thalamus unterbrochen werden, ziehen in der Nähe des letzteren durch die innere Kapsel; jene hingegen, welche in das Corpus subthalamicum und in den Globus pallidus eintreten, liegen in der Capsula interna dem Hinterende des Linsenkerns näher (Fig. 457).

Weiter distal folgt die temporo-occipitale Brückenbahn, welche schon ausserhalb der Capsula externa an dem Hinterende des Linsenkerns lagert. Dieses System führt jedoch keine sensiblen Bahnen, wie *Charcot* annahm, vielmehr dient es gemäss den entwickelungsgeschichtlichen Befunden zur Verknüpfung der hinteren Hemi-

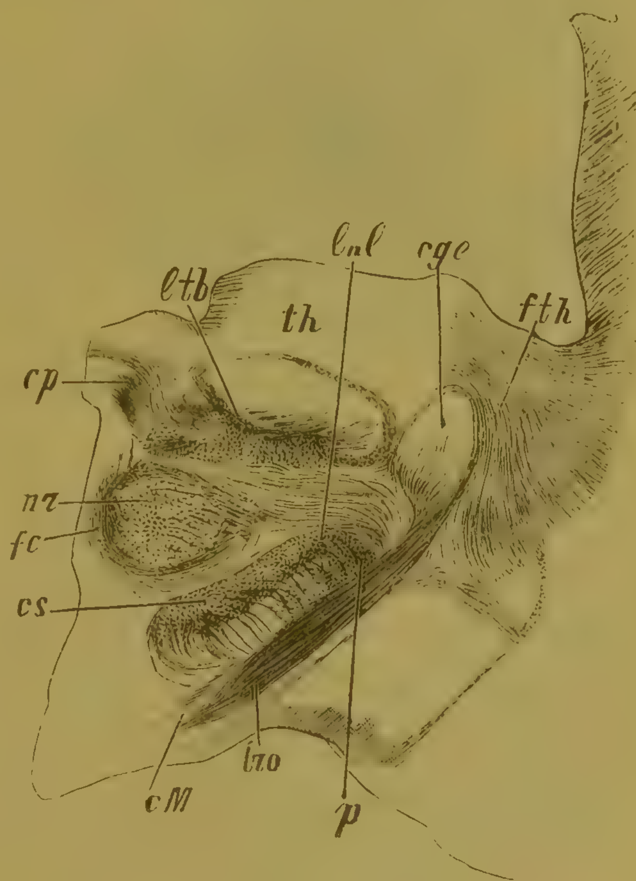



Fig. 455.
Schnitt durch das Gehirn eines mehrere. Wochen alten Kindes. *cs* Corpus subthalamicum; *nr* Nucl. ruber; *cp* hintere Kommissur; *th* Thalamus; *ltb* Schleifenfasern zum Thalamus; *lnl* Schleifenfasern vom Corp. subthalamicum zum Globus pallidus; *cge* lateraler Kniehöcker; *fth* Fasern vom Thalamus zur Grosshirnrinde; *p* Pyramidenbahn; *tro* Tractus opticus; *cM* *Meynert*sche Kommissur; *fc* centrale Haubenbahn.

sphärenabschnitte mit dem Brückengrau. An der Hand der Degenerationsmethode konnte ich ferner die absteigende Richtung seiner Fasern nachweisen, da die Degenerationen derselben abwärts verlaufen und an der dorsolateralen Brückenregion aufhören. Hiernach erscheint eine Fortleitung der Sensibilität in dieser Bahn ausgeschlossen.

Die von den Neuropathologen festgehaltene Ansicht bezüglich des Vorkommens sensibler Bahnen in dem lateralen Teile des Hirnschenkelfusses entbehrt somit nach meinem Dafürhalten aller thatsächlichen Begründung, da insbesondere ein Zusammenhang dieser Teile mit sensiblen Gebilden des Hirnstammes nirgends nachweisbar ist.

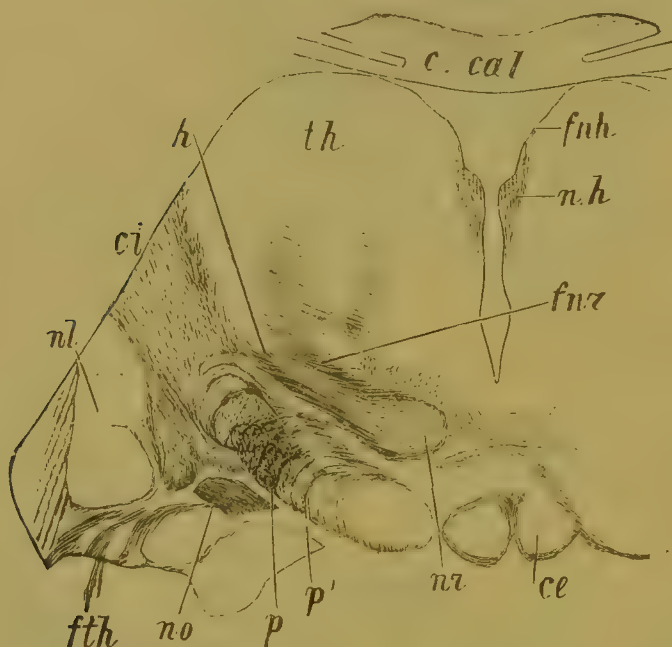



Fig. 456.
Durchschnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns. Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucl. habenulae; *fnh* Faserzug vom Nucl. habenulae zum Stratum zonale thalami; *ce* Corpus candicans; *nr* roter Kern; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *fth* unterer Thalamusstiel; *no* Tractus opticus; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *p'* motorische Hirnnerven, noch nicht völlig markhaltig.

Durch den hinteren Schenkel der Capsula interna treten noch andere Haubenfasern hindurch, vor allem jener aus dem roten Kerne hervorgehende ansehnliche Faserzug, welcher sich an den vorderen Kleinhirnschenkel proximalwärts anschliesst (Fig. 456 *fnr*). An dem genannten Orte findet er sich in medialer Lage, unmittelbar nach aussen von dem Sehhügel.

Die im vorderen Vierhügel, im hinteren Thalamusabschnitt und im Corpus geniculatum laterale entspringende centrale Opticusbahn liegt in nächster Nähe des letztgenannten Kerns. Dagegen durchsetzt die Acusticusbahn als Fortsetzung des Brachium posterius das Gebiet des medialen Kniehöckers.

Im Bereiche des vorderen Schenkels der Capsula interna endlich sind nicht weniger als drei, ja vier Fasersysteme namhaft zu machen. Hier lagert die Faserung des vorderen Thalamusstieles, daran lehnt sich das die Rinde des Frontallappens und den Nucleus caudatus mit dem Brückengrau verbindende frontopontile System und schliesslich folgen Bahnen, die zur Substantia nigra in nächster Beziehung stehen.

Wie verteilen sich nun die genannten Faserzüge im Gebiete der Endhirnhemisphäre?

Der Verlauf der Pyramidenbahn im Endhirne und ihr Verhalten zu der Rinde hierselbst kann an jugendlichen Geschöpfen, wo sie im Gegensatz zu den übrigen Teilen bereits markhaltig erscheint, mit voller Bestimmtheit eruiert werden. Schnitte in frontaler und antero-posteriorer Richtung (Fig. 459—462) zeigen eine Einstrahlung der Pyramidenbahn in das weite Gebiet beider Centralwindungen, des Paracentralläppchens und der distalen Abschnitte des Stirnlappens (Fig. 458 u. 462). Die ventralwärts convergierenden Fasermassen durchziehen unter Kreuzung mit der Balkenfaserung das Hemisphärenmark, biegen um den Aussenrand des Seitenventrikels und bieten bei ihrem Eintritte in den hinteren Schenkel der Capsula interna bereits die Form eines mehr oder minder einheitlichen Stranges dar (Fig. 452 u. 453 *p*). Dank jener radiären Ausbreitung der Bahn (Fig. 463) werden umschriebene Affektionen im Gebiete des motorischen Rindenfeldes nur von Monoplegien in den gekreuzten Gliedmassen, nicht aber, wie bei tieferliegenden Beschädigungen der Pyramidenfaserung, von totalen Hemiplegien gefolgt.

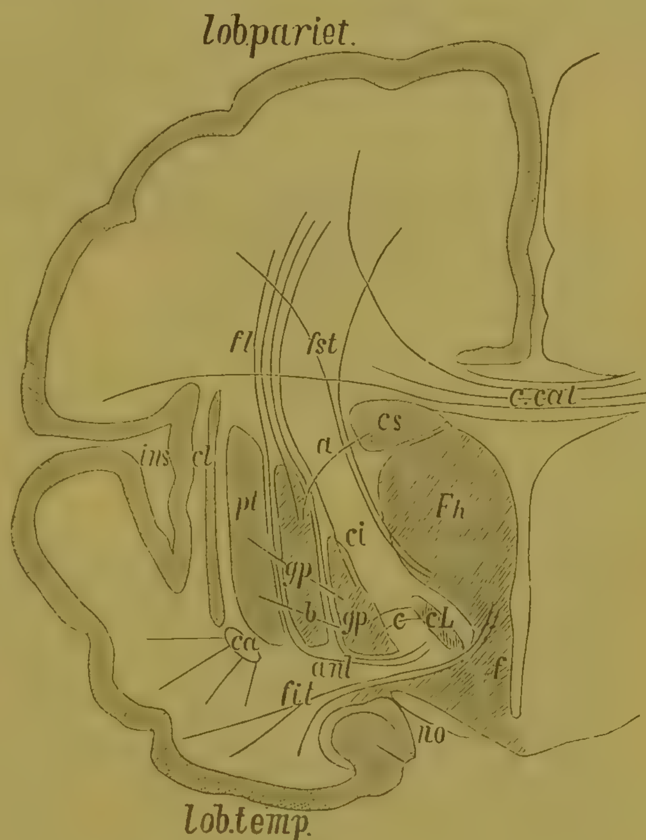



Fig. 457.

Die Bahnen des Linsenkerns und des Sehhügels zur Endhirnrinde. Schematisch dargestellt. *c.cal* Balken; *cs* Corpus striatum; *Th* (in der Figur fälschlich *Fh*) Thalamus; *cL* Corpus subthalamicum; *gp* Globus pallidus; *pt* Putamen; *cl* Claustrum; *fst*. mittlerer Thalamusschenkel; *fl* Faserzug aus dem Globus pallidus und den Markleisten des Linsenkerns zur Rinde; *anl* Linsenkernschlinge; *fit* unterer Thalamusschenkel; *f* Fornix; *no* Nerv. opticus; *ca* vordere Kommissur; *ins* Insula Reilii; *lob.pariet.* Parietalrinde; *lob.temp.* Temporalrinde; *ci* innere Kapsel; *a* Bahnen des Schweifkerns zum Globus pallidus; *b* Bahnen zwischen Putamen und Globus pallidus; *c* Bahnen aus dem Corpus Luysii zum Globus pallidus.

Dass die aus verschiedenen Teilen der motorischen Zone stammenden Fasern innerhalb des Marklagers getrennte Lage besitzen, erweisen auch Degenerationsversuche mit partiellen Rindenläsionen. Gegen die Capsula interna hin findet, wie erwähnt, eine strahlenförmige Konvergenz der Pyramidenfaserung statt. Aber auch dort, wo letztere sich

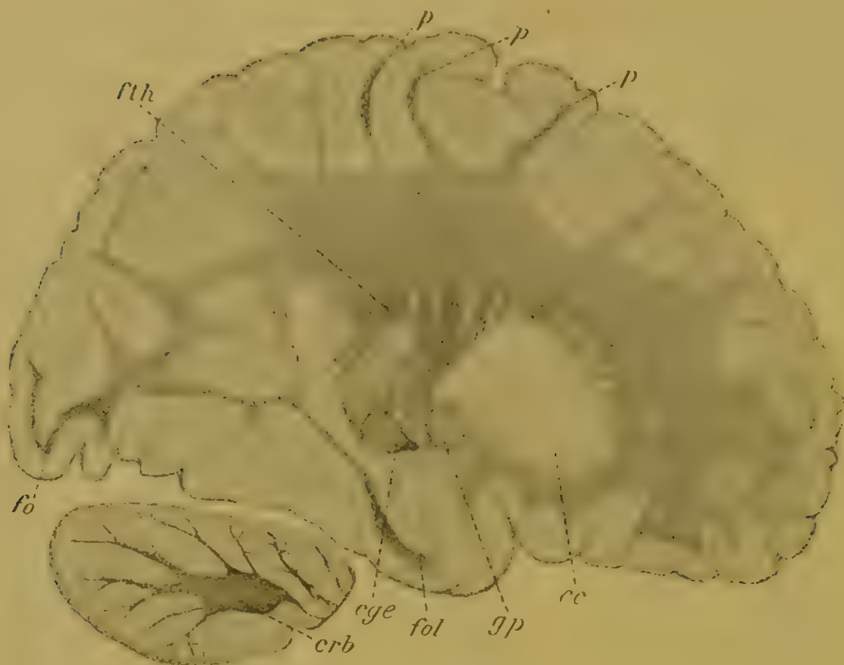



Fig. 458.

**Sagittaler Vertikalschnitt des Gehirns eines 7 Monate alten Kindes.** Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *p*, *p*, *p* Pyramidenbahnen; *fth* Stabkranz des Thalamus; *fo* Sehstrahlung; *crb* Mark des Kleinhirns; *cge* Corpus geniculatum externum; *fol* Ammonshornbündel; *gp* Teil des Globus pallidus; *cc* Corpus caudatum.

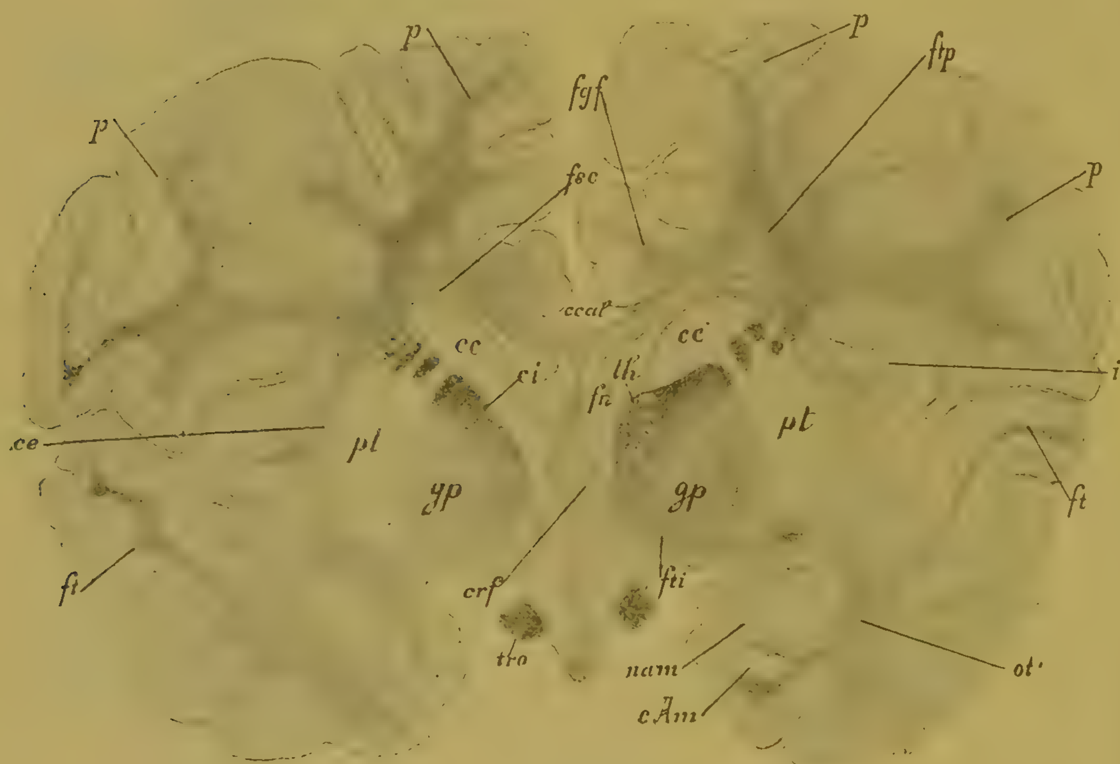



Fig. 459.

Frontalschnitt der Hemisphären eines $4\frac{1}{2}$ monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *cc* Corpus caudatum; *ci* innere Kapsel; *pt* Putamen; *gp* Globus pallidus; *th* Thalamus opticus; *fn* Fornix; *crf* Crus fornicis; *tro* Tractus opticus; *nam* Nucleus amygdaliformis; *cAm* Ammonshorn; *fti* unterer Thalamusschenkel; *ot* Faserzug vom Ammonshorn zum Thalamus; *ft* Acusticusfasern, in den Gyrus temporalis I eintretend; *i* Insula Reilii; *p* Pyramidenbahn; *ftp* Stabkranzfasern des Thalamus aus der Parietalrinde; *fgf* Fasciculus gyri fornicati; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ce* Capsula externa.

bereits zu einem kompakten Bündel formiert hat, in der Kapsel selbst also (Fig. 452 u. 453), erscheinen, wie man auf Grundlage der elektrischen Reizungsversuche von *Franck* und *Pitres*, sowie derjenigen von *Horsley* und *Beevor* annehmen muss, die den wichtigeren motorischen Centren korrespondierenden Faserzüge in topographisch gesonderter Anordnung. Nach den Ermittelungen der erwähnten Autoren werden die in der Frontalebene von oben nach unten bezw. von innen nach aussen aufeinanderfolgenden Rindencentra auf die Horizontalebene der inneren Kapsel in der Richtung von hinten nach vorne projiziert. Gleichzeitig sind die den einzelnen Centren entsprechenden Leitungsbahnen an ganz

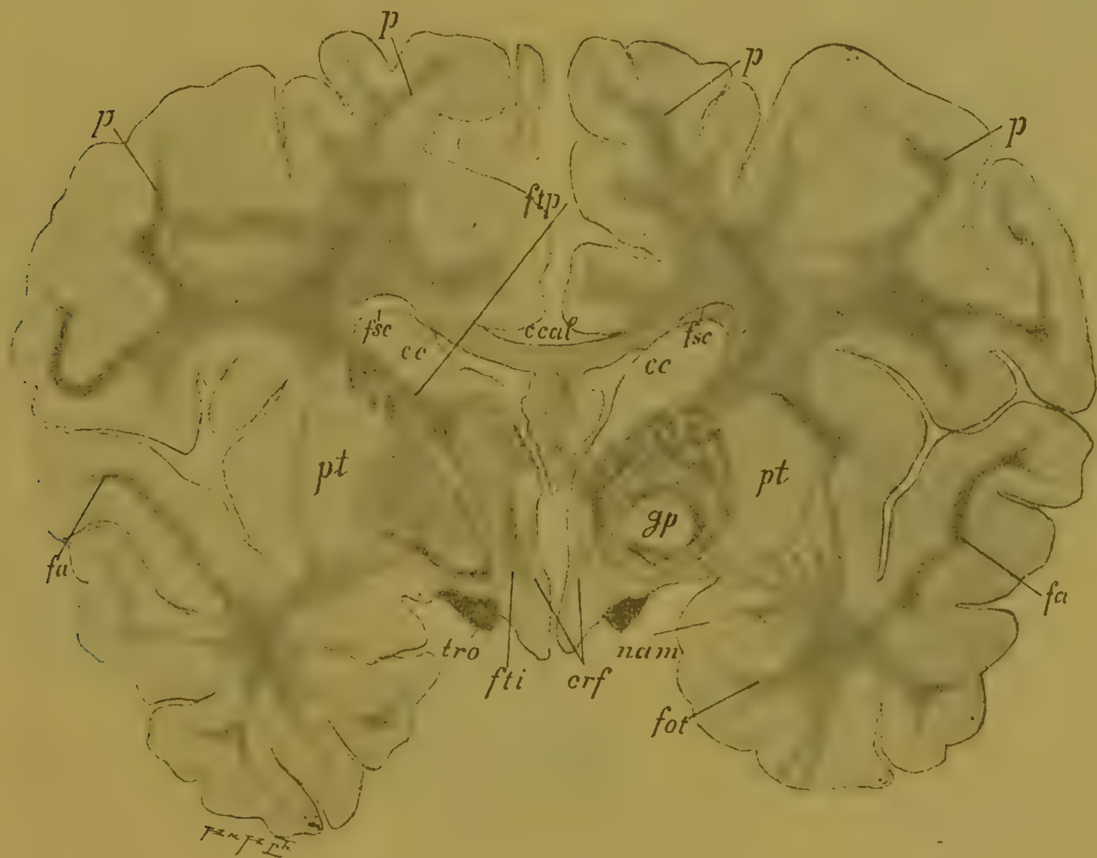



Fig. 460.

Frontalschnitt durch das Gehirn eines $4\frac{1}{2}$ monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *Pal*sche Methode. *cc* Corpus caudatum; *pt* Putamen des Linsenkerns; *ccal* Corpus callosum; *tro* Tractus opticus; *nam* Nucleus amygdaliformis; *p*, *p*, *p*, *p* Pyramidenfasern aus dem motorischen Rindenfelde ausstrahlend; *ftp* parietaler Thalamusstabkranz; *fti* Faserzüge des unteren Thalamusschenkels; *fa* Acusticusfasern, der Rinde der oberen Schläfenwindung sich nähernd; *fot* Faserzüge aus dem Ammonshorne und dem Mandelkerne zum Thalamus; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ff* Fornix; *crf* Crura fornicis; *gp* Globus pallidus.

bestimmte Stätten gebunden. Dieser Satz darf auch auf die Verhältnisse des menschlichen Gehirnes Anwendung finden. Wenigstens sind in einigen Fällen Monoplegien bei Affektionen in der inneren Kapsel beobachtet worden, während dabei Hemiplegien mit überwiegender Beteiligung einzelner Gliedmassen gar nicht zu selten angetroffen werden.

Tiefer unten, gegen den Hirnstamm hin, ist die geschilderte Abgrenzung der einzelnen Teile des Pyramidenstranges wohl als vorhanden zu bezeichnen, jedoch nicht ohne eine gewisse Einschränkung. Im Gebiete des Hirnschenkels nämlich lässt sich mit Hilfe der Degenerationsmethode eine Abgrenzung von Bündeln in der Pyramidenbahn durchführen. Wenigstens wird durch Tierversuche wahrscheinlich gemacht, dass der laterale Abschnitt der Pyramidenbahn im Hirnschenkelfusse dem hinteren Teile des Gyrus sigmoideus, der mediale dem vorderen Teile dieser Windung entspreche. Allein in der Varolsbrücke und in der Pyramide des verlängerten Markes stösst der

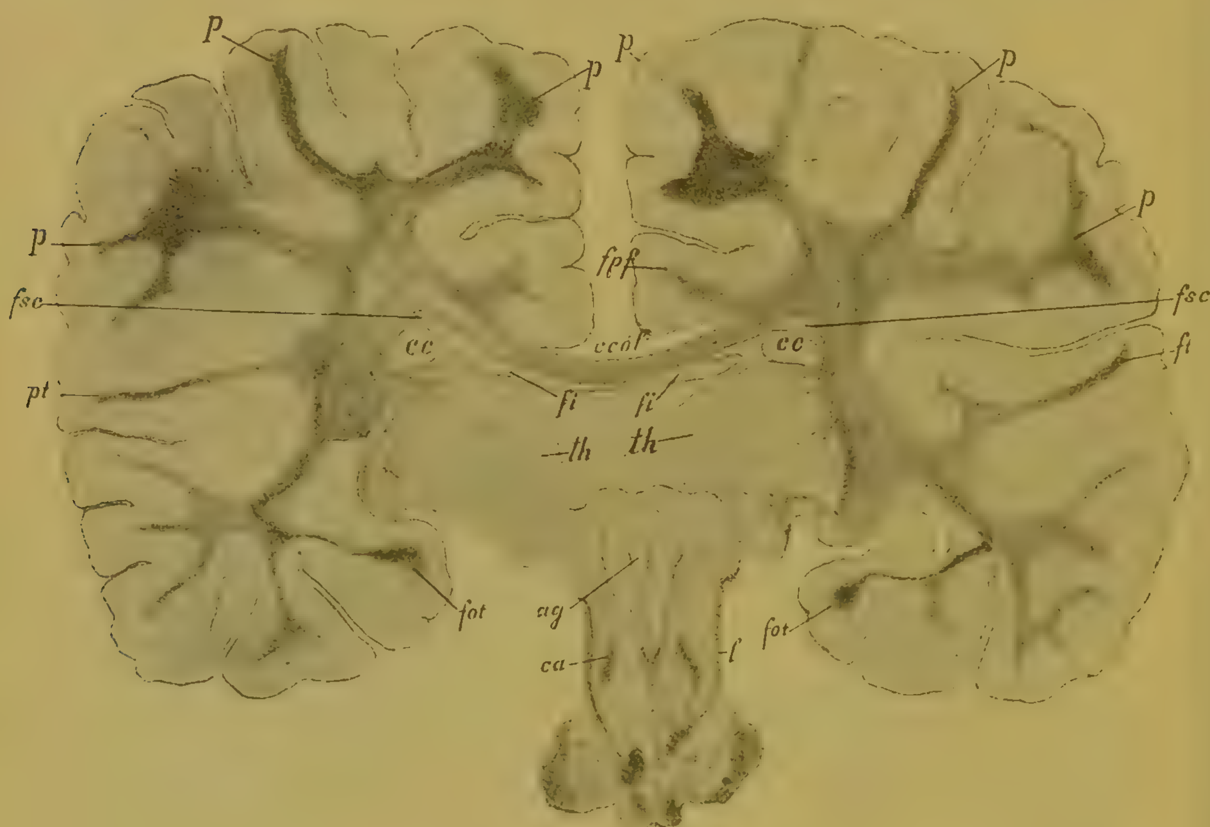



Fig. 461.

**Durchschnitt des Gehirnes eines $4^1/_2$ monatigen Kindes.** Nach einem Präparate von *W. Reimers*. Behandlung mit der *Pal*schen Methode. *l* Schleife; *ca* vorderer Kleinhirnschenkel; *aq* Aquaeductus Sylvii; *th* Thalamus; *ce* Schwanz des Nucl. caudatus; *ccal* Corpus callosum; *fsc* Fasciculus subcallosus; *fi* Fimbria; *p*, *p*, *p*, *p* Pyramidenbahnen bei ihrem Austritt aus der motorischen Rindenzone; *pt* Faserzüge aus dem Facialiscentrum; *ft* Acusticusfasern, der Rinde der oberen Temporalwindung sich nähernd; *fot* Faserzüge aus dem Ammonshorne zum Sehhügel.

Versuch einer genaueren Lokalisation schon auf Schwierigkeiten, denen sich auch *Ziehen* trotz seiner in diesem Punkte abweichenden Ansichten nicht ganz zu verschliessen vermag. Ebenso wird im Rückenmarke eine schärfere Sonderung der Pyramidenbündel vermisst, wiewohl nach der funktionellen Seite hin eine solche kaum fehlen dürfte.

Viele pathologische Beobachtungen verleihen den obigen Sätzen eine weitere Stütze. Affektionen der Pyramidenbahnen im Hirnstamme oder im Marke, und zwar auch solche circumscripter Art, bedingen in

der Regel nicht partielle Paralysen, sondern Hemiplegien in beiden Gliedmassen mit oder ohne Beteiligung der Gesichtsmuskulatur, je nachdem ob der Herd oberhalb oder unterhalb des Facialis die Pyramidenbahn ergriffen hat. Für die Beteiligung des Facialis kommt hier der Umstand in Frage, dass die Pyramidenbahn sich nicht ausschliesslich aus Extremitätenfasern zusammensetzt (s. oben). Vielmehr wendet sich eine Anzahl von Pyramidenfasern — Entwickelungsmethode — entsprechend der distalen Brückengegend der Haube zu und geht hier zum Teil in die Bahn beider Facialisnerven über. Nach Rindenaffektionen degenerieren diese Fasern bei Beschädigung des Facialiscentrums, nicht aber, wenn nur die Gliedmassencentra ergriffen sind. Auch anderen motorischen Kernen gehen Pyramidenfasern zu. So

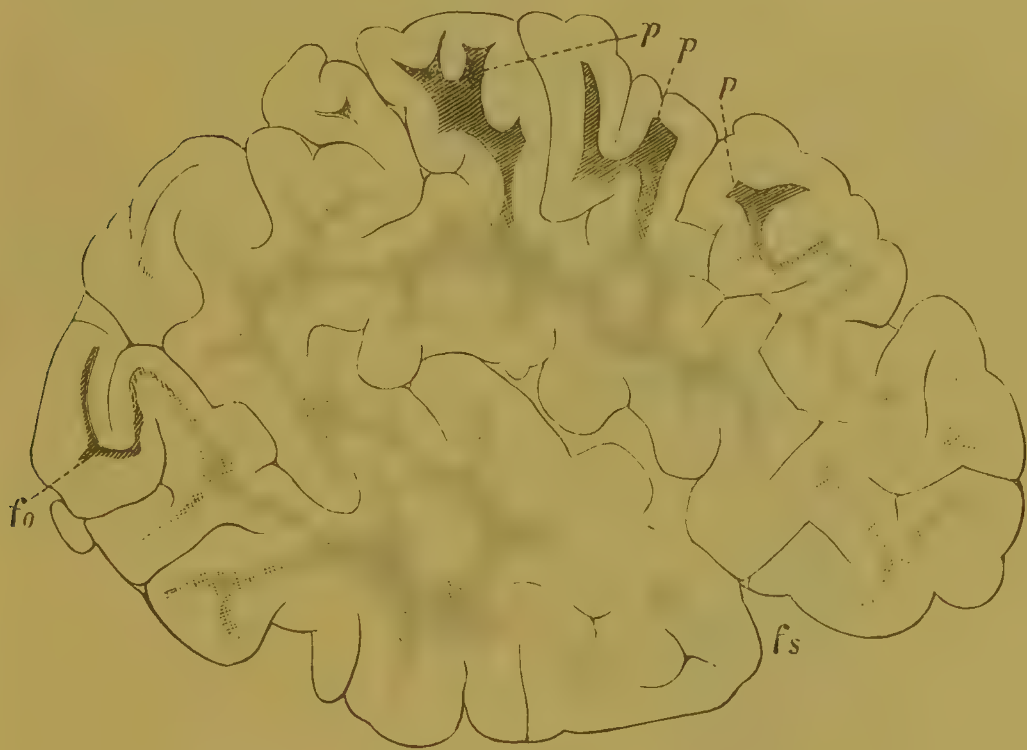



Fig. 462.

Antero-posteriorer Vertikalschnitt durch das Gehirn eines $4^1/_2$ monatigen Kindes. Nach einem *Pal* von *W. Reimers.* *fs* Fossa Sylvii; *fo* Sehstrahlung; *p*, *p*, *p* Pyramidenbahn.

konnte ich an *Marchi*-Präparaten von Hunden, denen Herr *Trapeznikoff* (in meinem Laboratorium) die Rindencentra für den Schluck- und Kauakt weggenommen hatte, Pyramidenfasern der unteren Brücken- und oberen Oblongatagegend durch die Olivenzwischenschicht verfolgen, wo sie nach geschehener Kreuzung in Bogenfasern der Formatio reticularis übergingen und allem Anscheine nach die Kerne des Vagoglossopharyngeus erreichten. Einige der fraglichen Elemente verbleiben ungekreuzt auf der nämlichen Seite der Formatio reticularis. In einzelnen Fällen liessen sich entartete Fasern aus der Brückengegend zur

Haube verfolgen und zwar zu dem motorischen Trigeminuskern beider Seiten.*)

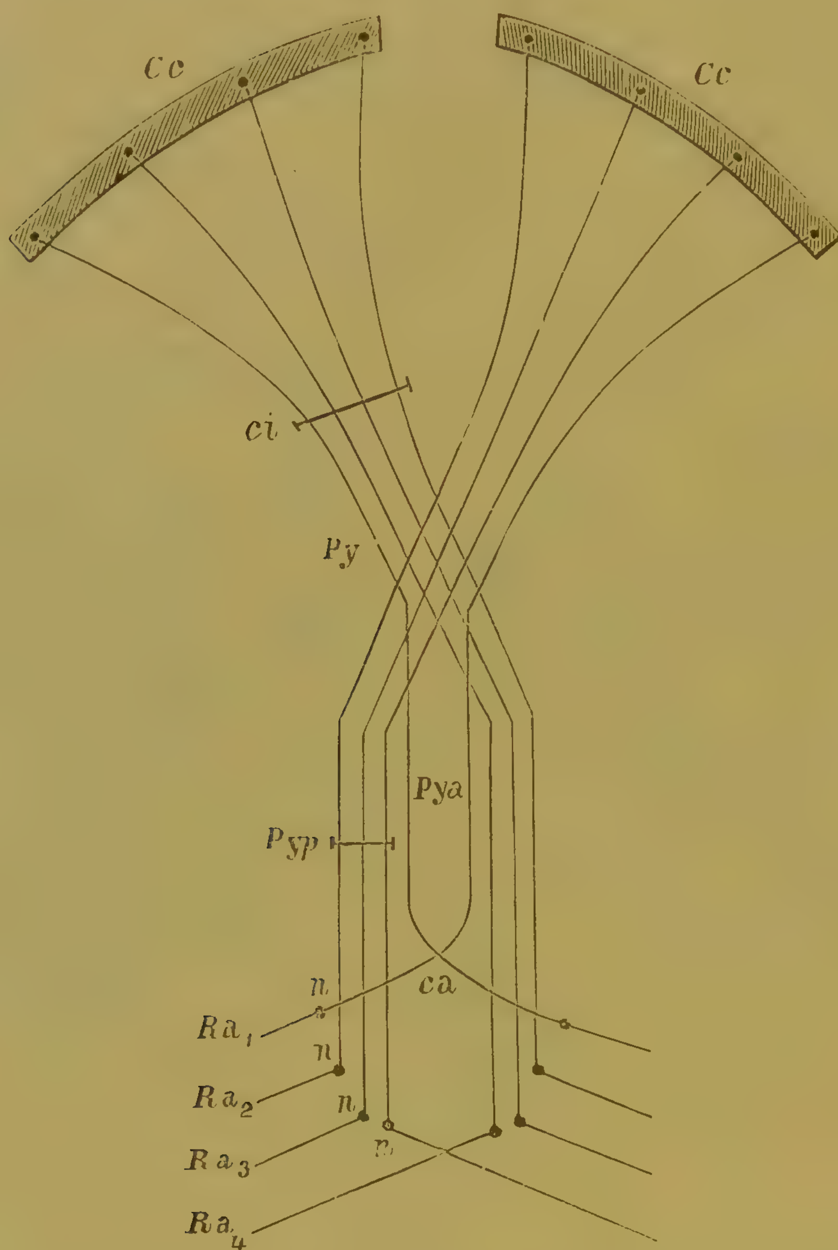



**Fig. 463.**

Schema über die Anordnung der Pyramidenbahnen. *Cc* Rinde des Endhirnes; *ci* Capsula interna; *Py* Pyramide; *ca* ventrale Rückenmarkskommissur; *Pya* Pyramidenvorderstrangbahn; *Pyp* Pyramidenseitenstrangbahn; *n*, *n*, *n*, *n* motorische Vorderhornganglien; *Ra*, $Ra_1$, $Ra_2$, $Ra_3$, $Ra_4$ vordere Rückenmarkswurzeln.

*) Neuerliche Untersuchungen von *Romanow* (Zur Frage von den centralen Verbindungen der motorischen Hirnnerven. Vorl. Mitteil. Neurol. Centralbl. 1898 Nr. 13) über sekundäre Degenerationen nach Beschädigung der Centra des Trigeminus, Facialis und Hypoglossus bestätigen im allgemeinen die obigen Darlegungen über die centralen Bahnen der Gehirnnerven. Nach Zerstörung des Facialiscentrums beobachtete er Degeneration in dem ventro-medialen Teile der Pyramide, bei Beschädigung des Trigeminus und Hypoglossus breitete sich die Degeneration in seinen Fällen über die gesamte Pyramide aus. Im Anschluss an Zerstörung des korticalen Hypoglossuscentrums sah *R.* in der Raphe kreuzende entartete Pyra-

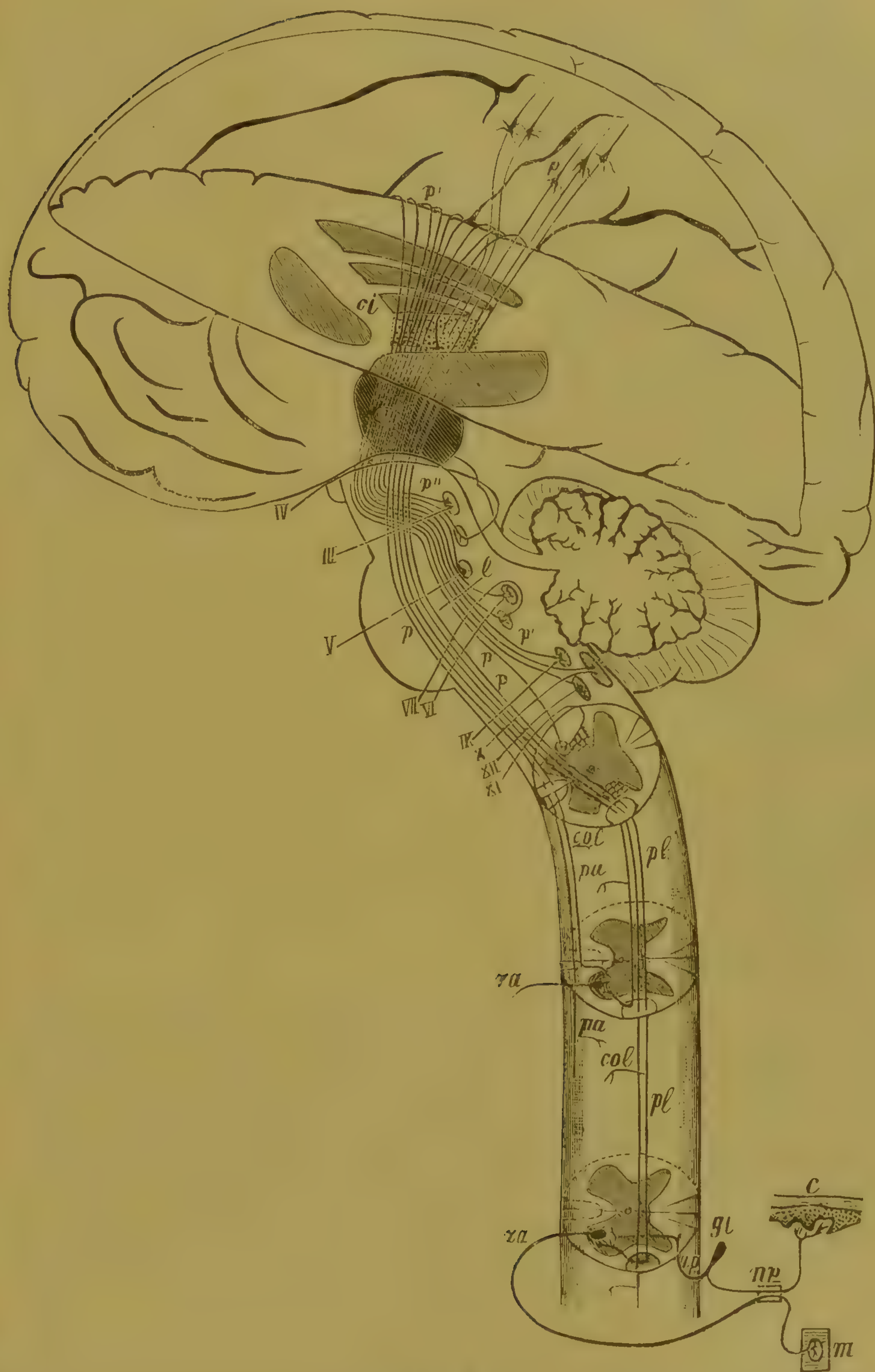



Fig. 464.

Die motorischen Hirnnerven und die Pyramidenbahn. Modifiziert nach *Flatau*. Schema. *c* Epidermis; *m* Muskel; *np* peripherer Nerv; *gi* Ganglion intervertebrale; *rp* hintere, *ra* vordere Rückenmarkswurzel; *pl* lateraler, *pa* ventraler Pyramidenstrang; *col* Kollateralen; *p* Pyramidenbahn im Hirnstamm und Hemisphärengebiete; $p_1$ mediale accessorische Schleife, die motorische Hirnnervenbahn darstellend; *XI, XII, X, IX, VI, VII, VIII, IV* Wurzeln und Kerne der entsprechenden Gehirnnerven; *ci* innere Kapsel.

Dies bestätigen neuere Erfahrungen von *Hoche*,*) denen zufolge von dem mittleren Teil der Pyramidenbahn sich Faserzüge zu beiden Facialiskernen abzweigen, und zwar zu dem anderseitigen Kern unter Kreuzung in der Raphe, zu dem gleichseitigen direkt oder nach Umgehung der Olive. Die Pyramidenfasern zum Hypoglossuskern verlaufen nach *Hoche* teils in der Raphe, teils längs derselben und durchsetzen gleichfalls die Olive und die Formatio reticularis.

In Beziehung auf die nach Läsionen der motorischen Zone auftretenden Entartungserscheinungen im Rückenmarke verdient volle Beachtung die schon an einem früheren Orte angeführte Thatsache, dass die Degenerationen sich hier gewöhnlich nicht auf die gekreuzte seitliche und die entsprechende vordere Pyramidenbahn (Mensch) beschränken, sondern in geringem Grade auch die homolaterale Pyramidenseitenstrangbahn mit ergreifen, was namentlich in den proximaleren Markquerschnitten deutlich ausgeprägt erscheint. Diese Erscheinung hat zu verschiedenen Darstellungen der Kreuzungsverhältnisse in der Pyramidenbahn Anlass gegeben. *Charcot* gab der Vermutung Raum, es finde eine Nachkreuzung von Pyramidenfasern in der ventralen Kommissur statt. Dem steht aber in solchen Fällen das Fehlen degenerierter vorderer Kommissurenfasern entgegen. *Marchi* sucht die Erklärung jener Erscheinung in einer teilweisen Kreuzung der Pyramidenbahnen im Gebiete des Corpus callosum, eine Annahme, die bestimmt hinfällig ist. Erst diesseits der Decussatio pyramidum wird die Degeneration der Pyramidenbahn zweiseitig, woraus der durch Tierexperimente (*Muratoff* u. a.) gestützte Satz abgeleitet werden muss, dass diese doppelseitige Degeneration mit einer unvollständigen Durchkreuzung der Pyramiden im Zusammenhange steht.**)

---

midenfasern in ganzer Ausdehnung des Kerns; proximal von letzterem aber gab es keine degenerierten Fasern. Nach Entfernung des Facialiscentrums fand sich Kreuzung entarteter Fasern in der Raphe längs der ganzen Ausdehnung des Kerns und teilweise noch über diesen hinaus im Gebiete der oberen Oliven. Was die Bahnen zum Trigeminus betrifft, so erfolgt die Kreuzung derselben vorwiegend proximal von dem oberen Ende des Kerns dieses Nerven, im distalen Abschnitte des hinteren Vierhügels. Im Niveau des unteren Endes des Trigeminuskerns fanden sich gar keine entarteten Fasern. Nach Beschädigung des Rindencentrums des Facialis und Trigeminus waren ausser kreuzenden konstant auch solche Fasern nachweisbar, die zu den gleichseitigen Kernen hinzogen.

*) Archiv f. Anatomie Bd. XXX Heft 1.

**) An einem früheren Orte (S. 94) ist darauf hingewiesen worden, dass die vordere Pyramidenbahn nicht zu dem entgegengesetzten Vorderhorn, wie bisher angenommen wurde, sondern zu dem gleichseitigen herabsteige. Indessen bleibt noch immer die Möglichkeit offen, dass es sich auch hier um eine partielle Faserkreuzung handelt, dass nämlich die Hauptmasse der vorderen Pyramidenbahn ungekreuzt bleibt, während andere durch die vordere Rückenmarkskommissur das ventrale Horn der entgegengesetzten Seite erreichen.

Einem nicht vollständig gekreuzten Verlaufe der Pyramidenbahnen im Rückenmarke entsprechen auch die klinischen Beobachtungen. Hemiplegien beschränken sich dem Anscheine nach niemals ganz auf eine Körperhälfte, vielmehr ist allemal gleichzeitig eine gewisse Beschädigung der anderen wahrnehmbar, die sich insbesondere durch merkliche Steigerung der Sehnenreflexe kundzugeben pflegt. Gelegentlich einer genauen diesem Gegenstande gewidmeten neueren Arbeit beschreiben *J. Dejerine* und *A. Thomas**) das Rückenmark in 7 Fällen cerebraler Hemiplegien mit vollständiger Entartung der entsprechenden Pyramiden. In allen untersuchten Fällen fand sich 1. Degeneration der direkten Pyramidenvorderstrangbahn auf der Seite der Hirnaffektion, 2. Degeneration der kontralateralen Pyramidenseitenstrangbahn und 3. geringgradige Degeneration des dem Herde entsprechenden seitlichen Pyramidenstranges. In einigen Fällen konnte die Art der Pyramidenfaserkreuzung und der Fasereintritt in die gleichseitige Pyramidenseitenstrangbahn mit Bestimmtheit verfolgt werden. Es zeigte sich, dass die Pyramide im Niveau der Kreuzungsstelle eine geringe Anzahl von Fasern an den gleichseitigen Seitenstrang bezw. zu der Gegend vor dem Halse des Hinterhornes abgiebt.**)

Die Entartung breitet sich je nachdem, ob eine Affektion der Arm- oder der Beincentra vorliegt, entweder bis zum Halsmarke oder bis zum Lendenmarke aus. Man erkennt hieraus, dass die einzelnen Rindencentra durch ganz bestimmte Bahnen mit den tieferliegenden Gebieten verknüpft sind.

In Fällen von angeborener Anencephalie und von Missbildungen, die zu einer Dissociation der Endhirnrinde und des Hirnstammes Anlass geben, werden die Pyramidenbahnen in ganzer Ausdehnung völlig vermisst.***)

---

*) Arch. de phys. norm. et pathol. $V^{me}$ Série. I. VIII. Nr. 2, Avril 1896.

**) Nach einseitiger Entfernung des motorischen Rindenfeldes bei Hunden und Affen sah *Rothmann* (Neurolog. Centralbl. 1896, Nr. 11 und 12) bei Anwendung des Verfahrens von *Weigert* und *Marchi* bilaterale Degeneration der seitlichen Pyramidenstränge des Markes. Doch war dieser Nachweis nur in frischen Fällen möglich. Im Laufe des zweiten Monates nach dem Eingriffe und später wurden entartete Pyramidenfasern auf der beschädigten Seite vermisst; häufig waren solche schon im Beginne wenig in die Augen fallend. Nach Ansicht des genannten Autors sollen Elemente der kontralateralen gesunden Pyramide infolge des Druckes der im Verlaufe der Degeneration aufquellenden Bestandteile der gleichseitigen Pyramide (der sie bei Gelegenheit der Kreuzung mit letzteren trifft) ebenfalls in Entartung übergehen. Der Befund degenerierter Pyramidenfasern beim Menschen im gleichseitigen Seitenstrange soll in den vorgeschrittenen Stadien mit durch Arteriosklerose bedingter mangelhafter Ernährung des Nervengewebes im Zusammenhange stehen. Das letzterwähnte Moment dürfte aber kaum ernstlich in Frage kommen, aber auch der zuerst angeführte Satz fordert zu Zweifeln heraus.

***) Im Anschlusse an frühere Ausführungen (S. 92 ff.) ist hier auf folgende Befunde von *Dejerine* und *Thomas* in einem Falle rechtsseitiger Hemiplegie — *Marchi*-Methode — hinzuweisen. 1. Die gekreuzte Pyramidenbahn reichte bis zum oberen

Bei Entartung der Pyramidenbahn findet *v. Monakow* gleichzeitig Zellatrophie in dem Processus reticularis des Halsmarkes. Die Elemente des Processus reticularis werden daher von dem Genannten den

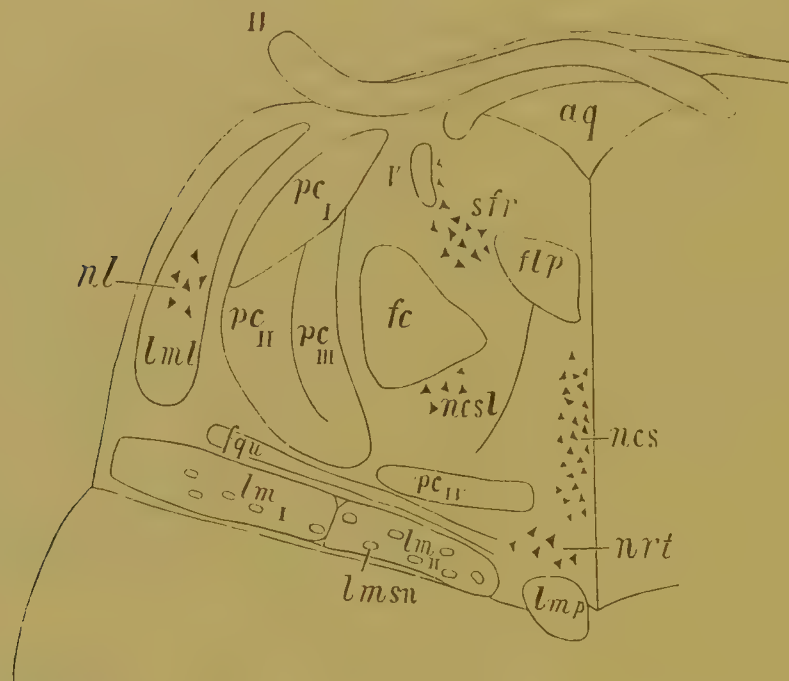



Fig. 465.

**Querschnittsbild der Faserung der Schleifenschicht und des vorderen Kleinhirnarmes.** Schema.

$m_I$ Faserzüge der Hauptschleife aus dem Nucl. funic. cuneati; $lm_{II}$ solche aus dem Nucl. funic. gracilis; *lmp* mediale accessorische Schleife; *lmsn* zerstreute Schleifenbündel; *lml* laterale Schleife; *nrt* vorderer Teil des Nucl. reticularis tegmenti; *ncs* Nucl. centralis superior; *ncsl* Nucl. centralis superior lateralis; *flp* hinteres Längsbündel; *aq* Aquaeductus Sylvii; *IV* Wurzeln des Trochlearis; *V* Radix descendens trigemini; *sfr* Substantia ferruginea; *fc* centrale Haubenbahn; $pc_I$ dorsales, $pc_{II}$ mittleres, $pc_{III}$ mediales, $pc_{IV}$ ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels, letzteres eine Commissur zwischen den beiden Kernen des Nerv. vestibularis bildend; *fqu* Fasern aus der Gegend des hinteren Vierhügels zum Nucl. reticularis.

Abschnitte des Filum terminale, doch schon in der Gegend des Nervus sacralis IV verliert sie ihre scharfen Grenzen und rückt allmählich gegen den Rand des Markes; 2. der direkte Pyramidenstrang liess sich im Vorderstrange bis zur Höhe des Nervus coccygeus I verfolgen. In der Lendenanschwellung zeigte er die Form eines mit seinem dicken Distalende an die Commissura ventralis anstossenden Komma. Das schmale Vorderende des letzteren verschmächtigte sich abwärts mehr und mehr, und im Niveau des IV. Sakralnerven bestand die vordere Pyramidenbahn nur aus einigen Fasern in dem medialen Teile des Vorderstranges. Homolaterale Pyramidenfasern endlich erreichten die Gegend des Nervus sacralis IV, erschienen hier aber bereits unregelmässig zerstreut. — In einem anderen in meinem Laboratorium untersuchten Falle mit ausgedehnter Destruktion des motorischen Rindenfeldes und des darunter liegenden Markes waren degenerierte vordere Pyramidenfasern mittelst der Methode von *Marchi* bis zur Ebene der IV. Sakralwurzel nachweisbar, ja einzelne Fasern stiegen noch tiefer herab. Die Degeneration der lateralen Pyramidenbahn wurde bis zur Austrittsstelle der Steissnerven verfolgt, einige Elemente derselben endeten am Filum terminale. Gleichzeitig mit der Pyramidenbahn sehe ich an *Marchi*-Präparaten in der Regel feinste Fäserchen in dem Geflecht der Varolsbrücke — Kollateralen von Pyramidenfasern — in Degeneration übergehen.

beiden terminalen Neuronen dieser Bahn — Rindenzellen mit Pyramidenfasern und Vorderhornganglien mit vorderen Wurzeln — als intermediäres Neuron gegenübergestellt. Indessen erscheint mir die Annahme eines dritten Neurons hier wenig gerechtfertigt, vielmehr weist jene Atrophie des Processus reticularis nach Läsionen der Rinde nur auf das Bestehen eines Zusammenhanges zwischen ersterem und letzterer, vielleicht durch das Bindeglied von Kollateralen hin.*)

Die mediale accessorische Schleife (Fig. 465 *lmp* und Fig. 468 *lp*) enthält die centrale Leitung für einen Teil der motorischen Gehirnnerven. Sie kommt, physiologischen Versuchen und klinischen Beobachtungen zufolge, vorwiegend aus der Basis der Centralwindungen und aus dem distalen Abschnitte der Stirnwindungen her. Auch ihre Elemente konvergieren, gleich denen der Pyramidenbahn, strahlenförmig gegen die innere Kapsel und erscheinen in dem vorderen Teil des hinteren Schenkels derselben in Gestalt eines einheitlichen Faserstranges (Fig. 466 *p'*). Im Gebiete des Endhirns ist eine topographische Sonderung der einzelnen Bestandteile der medialen Schleife, wie der Bahnen für den Hypoglossus, den oberen Facialis etc., durch Atrophieversuche und klinische Beobachtungen mit Sicherheit nachweisbar. Dies hat bis zu einem gewissen Grade noch für die Gegend der Capsula interna Geltung, kann aber im Hirnstamme nicht mehr beobachtet werden.

Bei pathologischen Destruktionen der den motorischen Hirnnerven entsprechenden Rindencentra handelt es sich gewöhnlich um isolierte centrale Läsionen bestimmter Nerven (Hypoglossus, Facialis) und um isolierte Degeneration der hinzugehörigen Bahnen bis zu ihren Kernen und Wurzeln (Fig. 468—470).

Ein Teil der motorischen Hirnnervenbahnen verläuft, wie schon früher gezeigt wurde, innerhalb der Pyramidenbahn zu den Kernen in der Haube. *Hoche***) untersuchte neuerdings unter Anwendung der *Marchi*-Methode zwei Hirne mit Erweichungsherden im Gebiete der Hemisphären, die sich von der Insel bis zum Thalamus, ohne Beteiligung des letzteren, erstreckten. Zu Lebzeiten bestand Aphasie mit Hemiplegie. Die mediale accessorische Schleife und die Pyramidenbahn erschienen degeneriert. In der Brücke zweigte sich im Niveau des

*) Nach *P. Flechsig* erleidet eine Reihe von Stabkranzfasern aus der motorischen bezw. sensitiv-motorischen Zone gegen die Capsula interna hin eine Knickung ihrer Bahn. Die dem Fusse der ersten Stirnwindung und den mittleren Teilen des Gyrus fornicatus entstammenden Bündel des Stabkranzes beschreiben eine, von der Stirnlappenspitze nur 2—3 cm entfernte nach vorne convexe Schleife. Infolge dieses Verhaltens können Erweichungsherde des Stirnlappens zu Innervationsstörungen in der Rücken- und Nackenmuskulatur führen, trotzdem letztere zu der vorderen Frontalregion keinerlei Beziehungen besitzen.

**) Neurolog. Centralbl. 1896. S. 607.




Fig. 466.

Die motorischen Hirnnerven und die Pyramidenbahn. Modifiziert nach *Flatau*. Schema. *e* Epidermis; *m* Muskel; *np* peripherer Nerv; *gi* Ganglion intervertebrale; *rp* hintere, *ra* vordere Rückenmarkswurzel; *pl* lateraler, *pa* ventraler Pyramidenstrang; *col* Kollateralen; *p* Pyramidenbahn im Hirnstamm und Hemisphärengebiete; $p_1$ mediale accessorische Schleife, die motorische Hirnnervenbahn darstellend; *XI, XII, X, IX, VI, VII, VIII, IV* Wurzeln und Kerne der entsprechenden Gehirnnerven; *ci* innere Kapsel.

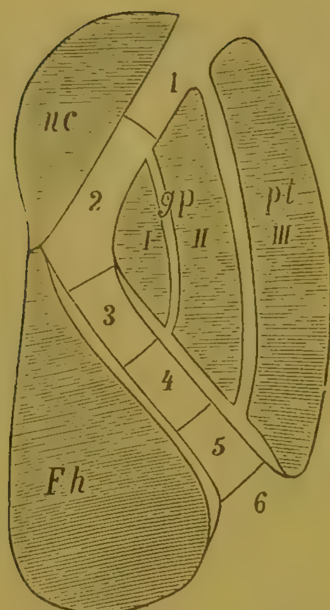



Fig. 467.
Schema der topographischen Verteilung der Faserzüge in der Capsula interna. *nc* Nucleus caudatus; *gp* Globus pallidus; *pt* Putamen nuclei lenticularis. 1 vorderer Thalamusstiel; 2 frontale Brückenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter abwärts die mediale accessorische Schleifenbahn bildend; 4 Pyramidenbahn; 5 sensorische Bahnen, weiter abwärts die zerstreuten accessorischen Bündel der Schleifenschicht darstellend; 6 temporo-occipitale Brückenbahn.

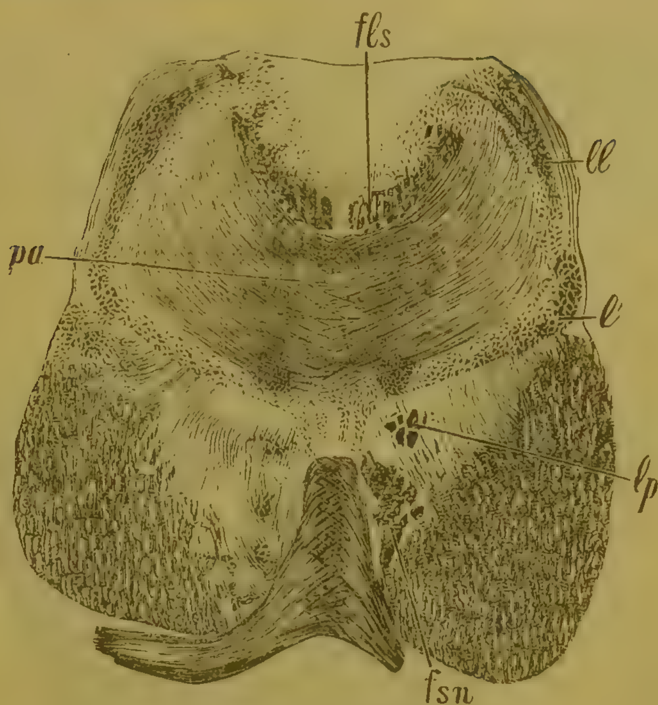



Fig. 468.
Querschnitt des Gehirnstammes in der Ebene des hinteren Teiles der Hirnschenkel. *pa* vorderer Kleinhirnschenkel; *fls* hinteres Längsbündel; *ll* laterale Schleife; *l* Schleifenschicht; *lp* mediale oder Peduneulusschleife; *fsn* Hirnschenkelfasern zur Schleife, weiter abwärts die mediale oder Pedunculusschleife bildend. Behandlung nach *Weigert.*

Facialiskernes eine Anzahl von Fasern von der Pyramidenbahn ab, zog eine Strecke weit durch die Raphe und trat schliesslich zum Hypoglossuskern. Aus beiden Pyramiden waren degenerierte Faserzüge zu dem Facialis- und Hypoglossuskern zu verfolgen. Dagegen gelangten zu dem motorischen Kern des Trigeminus nur wenige Fasern.

Ausserordentlich lehrreich sind die in meinem Laboratorium

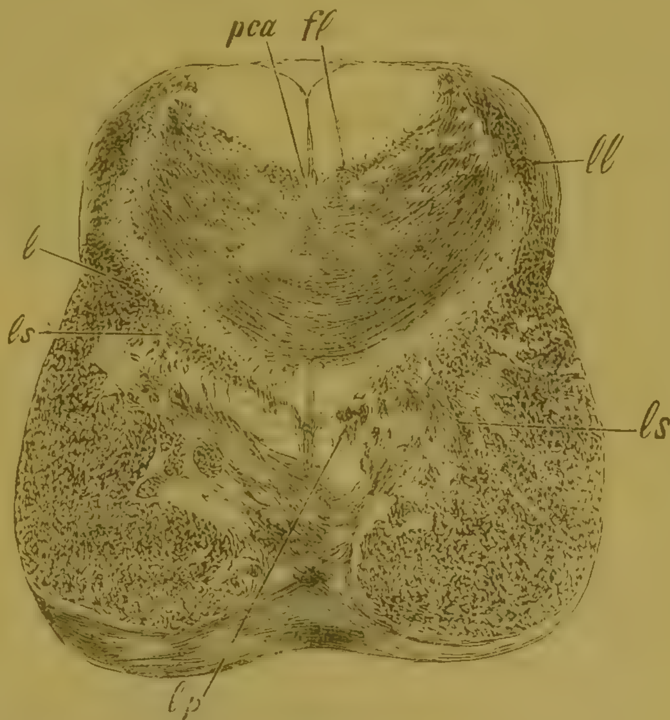



Fig. 469.
Gehirn eines Erwachsenen mit rechtsseitiger Erweichung im Gebiete der inneren Kapsel. Der Schnitt verläuft hinter dem distalen Vierhügel, dicht vor der Brücke. Behandlung nach *Weigert.* *l* Schleifenschicht; *lp* mediale Schleife, links atrophisch; *ls* zerstreute accessorische Schleifenbahn, rechts in den Hirnschenkel eintretend; *ll* laterale Schleife mit ihrem Kern; *fl* hinteres Längsbündel; *pca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel.

gewonnenen schon früher erwähnten Befunde von *Trapeznikoff*. Nach Zerstörung des kortikalen Schluckcentrums beim Hunde (entsprechend dem vorderen Abschnitte der zweiten Urwindung) fand sich Degeneration der Schleife und der Pyramidenbahn. Im verlängerten Marke traten entartete Pyramidenfasern mit aller Bestimmtheit durch die Schleife hindurch in die Haube ein und wurden sodann teils zu homo-, grösstenteils aber zu kontralateralen Bogenfasern (Fig. 471 u. 472 *fl*). Dass letztere den mit dem Schluckakte in Beziehung stehenden centralen Hirnnervenbahnen entsprachen, war daraus ersichtlich, dass sich auch in den Kernen des Hypoglossus und Vagoglossopharyngeus dege-

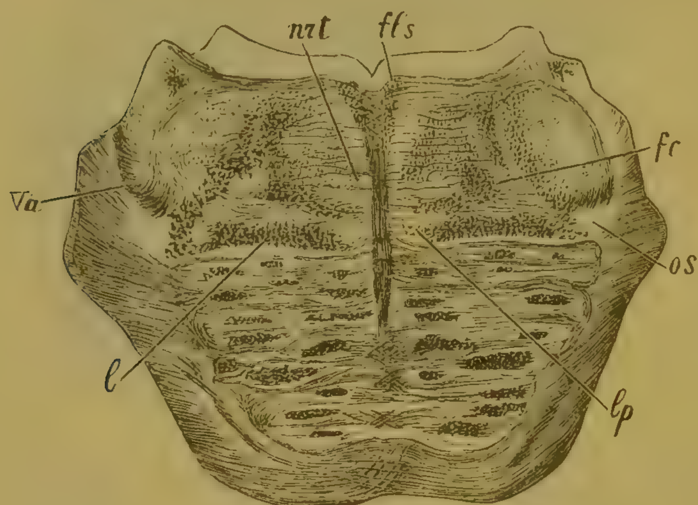



Fig. 470.

Querschnitt durch die untere Hälfte der Brücke von dem Gehirn der Fig. 469. *fls* hinteres Längsbündel; *nrt* Nucl. reticularis tegmenti; *Va* Radix ascendens trigemini; *l* Schleifenschicht; *os* Lage der oberen Olive; *fc* centrale Haubenbahn; *lp* mediale Schleife, auf der anderen Seite atrophisch.




Fig. 471.

Durchschnitt aus dem Gehirn eines Hundes mit Zerstörung des kortikalen Schluckcentrums in der linken Hemisphäre. Nach einem Präparate von *A. Trapeznikoff*. *pfl* Pedunculus flocculi; *sta* Stria acustica; *na* Nucleus anterior des Gehörnerven; *fct* Trapezkörper; *p* Pyramide; *fl* Schleife; *fls* hinteres Längsbündel. *Marchi*-Methode.

nerierte Fasern vorfanden (Fig. 472 *fng*). Es fand sich Degeneration eines mässigen Faserbündels seitlich vom centralen Grau im Gebiete der Radix descendens trigemini bis zu dem Kern des letzteren; aufwärts konnte das Bündel zu den hinteren Abschnitten des III. Ventrikels verfolgt werden, wo es nach aussen gegen die ventralen Teile des Thalamus umbog. Es handelt sich hier möglicherweise um die centrale Bahn der absteigenden Trigeminuswurzel, doch lässt sich dies gegenwärtig noch nicht mit voller Sicherheit behaupten.

Die sensorische Leitungsbahn erscheint im wesentlichen als aufsteigende Fortsetzung der Schleife und findet sich im Hirnschenkel

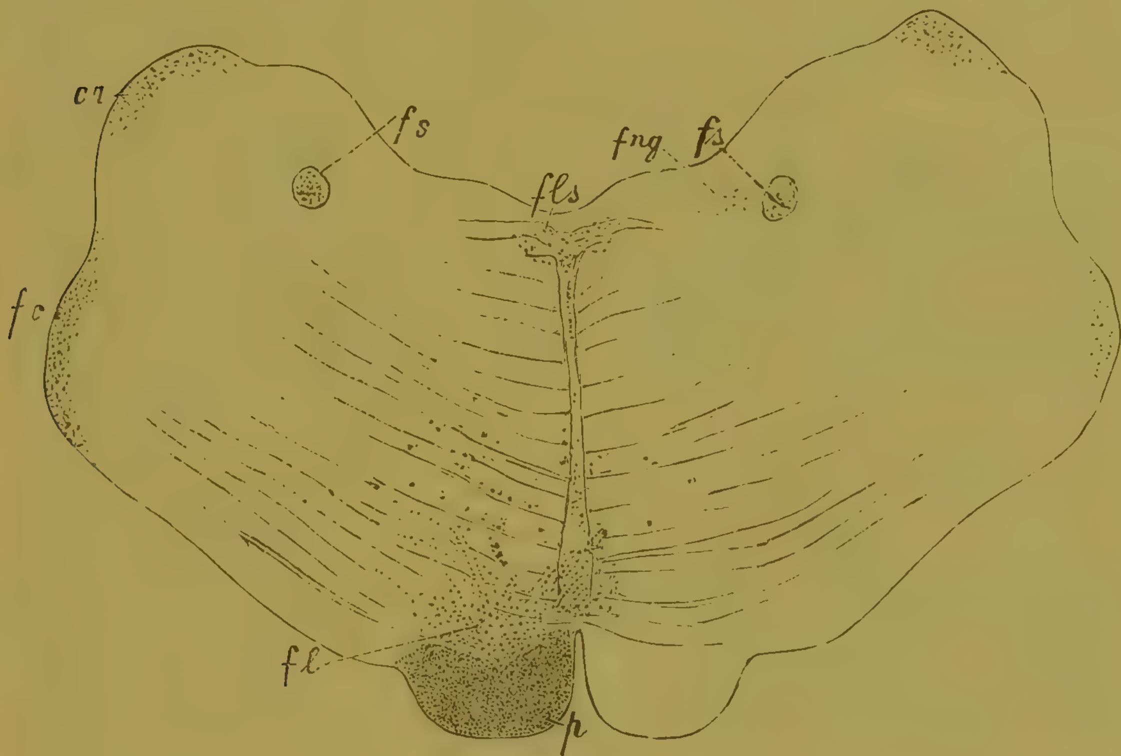



Fig. 472.

Von dem Gehirn der Fig. 471. Nach einem Präparate von *A. Trapeznikoff*. *fls* Fasciculus longitudinalis dorsalis; *fng* Faserzüge aus der Gegend des dorsalen Vago-glossopharyngeuskerns; *fs* Fasciculus solitarius; *p* Pyramide, degeneriert: *fl* degenerierte Faserzüge aus der Pyramide zur Schleife; *fc* Kleinhirnseitenstrangbahn; *cr* Corpus restiforme. Behandlung nach *Marchi*.

distal von der Pyramidenbahn. Die Verhältnisse ihres centralen Verlaufes liegen viel weniger klar zu Tage, als die der motorischen Leitung. Im Gebiete der Capsula interna verläuft die Bahn hinter den Pyramidenbündeln. Gleich letzteren strahlen ihre Fasern innerhalb der Hemisphäre gegen die Rinde hin aus, endigen hier aber vorzugsweise im Parietallappen und in den Centralwindungen (Fig. 476). Zerstörungen der Parietalwindungen mit teilweiser Beschädigung der Centralwindungen führen (s. oben) zu Degeneration der Schleifenschicht, sekundär auch zu Atrophie derselben, indem gleichzeitig Degeneration des Thalamusstabkranzes mit konsekutiver Atrophie der grauen Kerne des Sehhügels statthat.

Da die physiologischen Ergebnisse auf sehr nahe Beziehungen der motorischen Centra zu den sensorischen hinweisen, so wird die Endigung der sensiblen Bahnen für die verschiedenen Gliedmassen ungefähr dort zu suchen sein, wo die hinzugehörigen motorischen Leitungen ihren Ursprung haben (Fig. 477). Auf der anderen Seite umfasst die sensible Zone ein wesentlich weiteres Gebiet, als die motorische, nämlich ausser den Centralwindungen die Gyri parietales einschliesslich des auf der Medianfläche gelegenen Lobulus quadratus s. Praecuneus. Die Einstrahlung sensibler Fasern, sei es direkt, sei es nach vorhergehender Unterbrechung im Thalamus, beschränkt sich daher nicht auf die eigentlich motorische Zone, sondern breitet sich von hier über weiter distal gelegene Rindenteile aus.*)

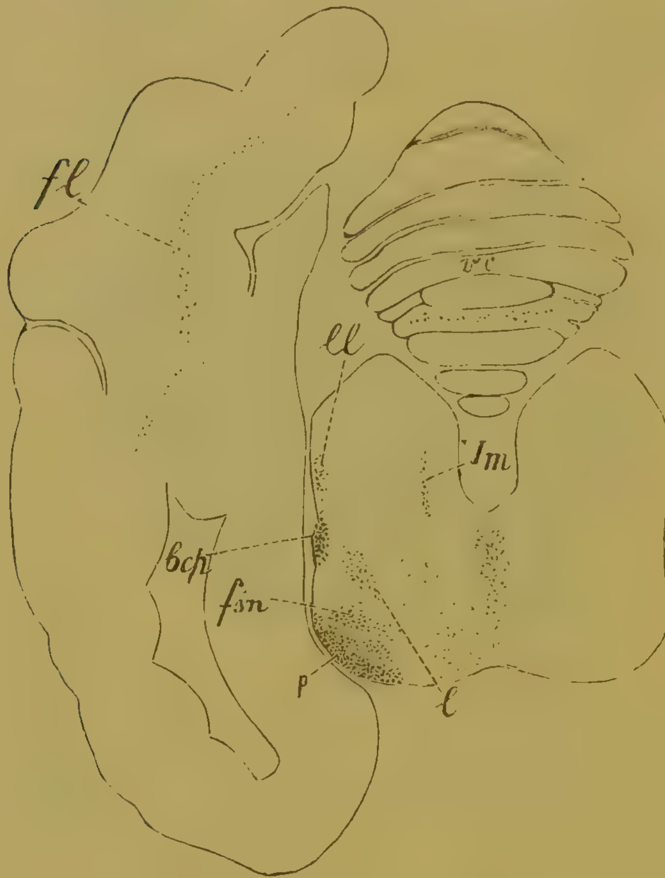



Fig. 473.
Schräger Durchschnitt des Gehirnes der Fig. 471. Nach einem Präparate von *A. Trapeznikoff*. *fl* Fasciculus longitudinalis antero-posterior, degeneriert; *ll* laterale Schleife; *bcp* hinterer Bindearm; *fsn* Fasern der Substantia nigra; *p* Pyramidenbahn; *Vm* entartetes Bündel im Gebiete der aufsteigenden Trigeminuswurzel. *Marchi*-Behandlung.

---

*) *A. Tschermak* (Neurolog. Centralbl. 1898 No. 5) kommt neuerdings auf Grundlage seiner Untersuchungen (Beschädigung der Hinterstrangkerne mit nachfolgender Anwendung der *Marchi*-Methode) zu Ergebnissen, welche voll übereinstimmen mit den obigen Darlegungen und mit meinen und *Flechsigs* Befunden über Verlauf und Endigung der in jenen Kernen entspringenden Hauptschleife (s. oben). Nach Beschädigung der Hinterstrangkerne sah *T.* Verbreitung der Degeneration auf die untere Olive, auf die Formatio reticularis, auf das Brückengrau, auf den hinteren Vierhügel und ferner auf den ventro-lateralen Teil des Sehhügels (ventraler Kern des Thalamus, Thalamusschale oder Gitterschicht, zum Teil auch Centre median). Eine Anzahl degenerierter Fasern liessen sich ausserdem durch den Thalamus hindurch verfolgen, aus dem sie alsbald zwischen Schale und Massiv des Thalamus von neuem hervortreten, aber ziemlich zerstreut. Die ventraleren Fasern verlaufen bogenförmig durch den Hirnschenkel und senden Kollateralen zu dem Nucl. hypothalamicus (Corpus Luysii s. subthalamicum). Ein kleiner Teil der Fasern wendet

Bezüglich der occipitalen Endhirnrinden-Brückenbahn, die auch als ovales Bündel beschrieben wird, ist auf das bei der Darstellung der Faserung in der Capsula interna Gesagte hinzuweisen. Sie entspricht, wie dort gezeigt wurde, dem am meisten lateral gelegenen Felde des Hirnschenkelfusses und kommt aus den distalen Abschnitten der Hemisphärenrinde her. Genau genommen müsste sie als occipitotemporale Bahn bezeichnet werden, denn nach Läsionen der entsprechenden Windungen, insbesondere nach solchen des Schläfenlappens, fand ich sie wiederholt im Zustande der Entartung. Der temporale Ursprung wird auch durch neuere pathologische Befunde von *A. C. Kam* bestätigt. Degeneration des lateralen Rindenbrückensystemes

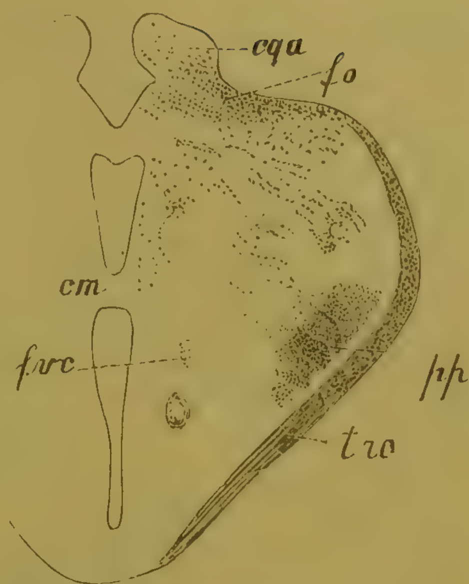



Fig. 474.
Von demselben Gehirn wie, Fig. 473. Nach einem Präparate von *A. Trapeznikoff*. *cqa* Vierhügel; *fo* Fibrae opticae; *pp* Hirnschenkelfaserung; *tro* Tractus opticus; *fvc* entarteter Faserzug, weiter unten in die Gegend der motorischen Trigeminuswurzel eintretend; *cm* Commissura mollis. *Marchi*-Methode.

---

sich dabei medialwärts und verläuft an dem ventralen Rande des Pes pedunculi, dem Tractus opticus unmittelbar anliegend. Diese die *Meynert*sche Kommissur bildenden Elemente überschreiten die Mittellinie in analoger Weise zwischen Hirnschenkelfuss und Tractus opticus und erreichen den entgegengesetzten Globus pallidus. (Die in Rede stehende Bahn ist bekanntlich von mir in *Flechsigs* Laboratorium zuerst nachgewiesen worden). Die Mehrzahl der aus dem Thalamus austretenden ventralen und ventro-lateralen Fasern aber begiebt sich zu dem gleichseitigen Globus pallidus (ein Zusammenhang von Schleifenfasern aus den Hinterstrangkernen mit dem Globus pallidus, und zwar nicht durch den Thalamus, sondern direkt, ist von mir bereits vor vielen Jahren dargestellt worden). Doch verästelt sich in dem Globus pallidus nach des Vf.s Ansicht nur eine Minderzahl der Fasern, die Mehrzahl geht durch die Lamina medullaris interna und externa und durch die Markplatte zwischen Putamen und Claustrum in den Stabkranz über. Ein anderer Teil der direkten Fasern tritt aus dem Sehhügel durch dessen Schale in die innere Kapsel ein und steigt längs der dorsalen Fläche des Linsenkerns ebenfalls zum Stabkranze hinauf. Die Frage nach den direkten zur Hirnrinde verlaufenden Schleifenfasern, deren Vorhandensein in den Versuchen *T.*s in Abhängigkeit steht von der Annahme, dass der Markzerfall in einem beschädigten Systeme nur innerhalb eines Leitungssegmentes vor sich gehe, wollen wir hier nicht näher berühren. Das kortikale Einstrahlungsgebiet der erwähnten Hinterstrangfasern beschränkt sich nach *T.* auf den Gyr. coronalis, den angrenzenden vorderen Teil des Gyr. ectosylvius und das vordere Drittel des Gyr. suprasplenius. Dieses Gebiet entspricht nach *T.*s Ansicht der hinteren Centralwindung des Menschen. Er findet daher seine Ergebnisse in voller Übereinstimmung mit den Resultaten des bekannten Falles von *Flechsig* und *Hösel* und vergleicht sie mit den Befunden *Monakows* über Atrophie in dem ventralen Kernlager des Thalamus. *T.* hält an der Ansicht *Mey-*

fand sich endlich auch in *Ferriers* und *Turners* Versuchen nach Beschädigung der ersten Schläfenwindung.

Seit der Zeit meiner ersten Veröffentlichungen über absteigende Entartung des ovalen oder *Türck*schen Bündels sind ähnliche Beobachtungen mehrfach mitgeteilt worden, so von *Rossolymo*, *Winkler*, *Jelgersma*, *Sioli*, *Fryliusk*, *Timmer*, *Kreuser*, *Zacher*, *Dejerine*, *von Monakow*, *Brero* und *Kam*. Der Ursprung des Bündels in der Hemisphärenrinde ist verschieden bestimmt worden. Für seine Abstammung aus der Rinde der Schläfen- und Hinterhauptwindungen hat sich ausser mir und *Flechsig* unter den Autoren *Kreuser* ausgesprochen; *Kam*, *Dejerine* und *v. Monakow* führen dasselbe auf die Schläfenrinde allein zurück, *Winkler*, *Jelgersma*, *Brero* und andere auf den Parietallappen, *Sioli*, *Rossolymo* und *Fryliusk* auf die Parietal- und Temporallappen. Im Hinblick auf diese abweichenden Darstellungen hat Herr *Herwer* auf meine Veranlassung die Frage einer erneuten experimentellen Prüfung mit Benutzung der *Marchi*'schen Methode unterzogen. Es wurden an Hunden in systematischer Weise Beschädigungen der verschiedenen Lappen des Vorderhirns herbeigeführt. Nach Läsionen der Stirn- und Scheitellappen liessen sich nun in dem ovalen Bündel keine Spuren von Entartung nachweisen; nach solchen der Occipitalwindungen war geringgradige Degeneration bemerkbar; auffallende Degeneration dagegen hatten Zerstörungen der Schläfenlappen zur Folge. Danach liegt der Ursprung des Bündels weder im Stirn-, noch im




Fig. 475.
Schrägschnitt durch den Gehirnstamm in der Richtung von oben-hinten nach vorne-unten. Von einem wenige Wochen alten Kinde. *ncs* Gegend des Nucl. centralis superior internus; *flp* Fasciculus longitudinalis dorsalis: *fc* centrale Haubenbahn; *IV* Trochleariswurzel nach der Kreuzung über dem Aquaedukt; *ll* laterale Schleife; *l* Hauptschleife; *lsp* Schleifenfasern zum Hirnschenkel; *p* Pyramidenbahn; *fsp'* zerstreute feine Fasern der Schleifenschicht; *crca* Kreuzung der vorderen Kleinhirnschenkel. *Weigert.*

*nerts* fest, welcher zufolge der S. coronalis der Katze analog sein soll dem S. Rolandi der höheren Säugetiere, während von der Mehrzahl der Autoren der etwas nach vorne und innen gelegene S. cruciatus als Homologon der Centralfurche betrachtet wird. In letzterer Hinsicht entspricht das Degenerationsgebiet in *T.*s Versuchen den an den Gyr. centralis posterior zunächst angrenzenden Parietalwindungen der höheren Säuger.




Fig. 476.

Die sensorischen Bahnen im Rückenmarke und in der Schleife. Modifiziert nach *Flatau*. Schema. *gi* Ganglion intervertebrale; *rp* dorsale Wurzeln; *rd* absteigende Äste hinterer Wurzelfasern; *fb* *Burdach*sche Strangfasern; *fg* *Goll*sche Strangfasern; *col* Kollateralen; *fi* Fasern des medialen Bündels; *al* Fasciculus antero-lateralis; *fap* Grundbündelfasern, die in der ventralen Kommissur kreuzen und sich an hintere Wurzelfasern anschliessen; *nfc* Keilstrangkern; *nfg* Kern des zarten Stranges; *V*, *IX*, *X* Wurzeln und Kerne der bezüglichen Hirnnerven; *l* Schleife; *ci* Capsula interna.

Scheitellappen, sondern in der Schläfen- und zum Teil in der Hinterhauptrinde.

Was die Endigung des ovalen Bündels in der Brücke betrifft, so brachten die soeben genannten Erhebungen eine weitere Bestätigung meiner früheren Angaben über Beziehungen desselben zu Zellelementen der dorsalen Abschnitte der Brückenhaube.

Von sonstigen Bestandtteilen der Haube finden sich im hinteren Schenkel der Capsula interna als Fortsetzung des vorderen Kleinhirnschenkels Faserzüge aus den roten Kernen (Fig. 479 *h*). Sie scheinen

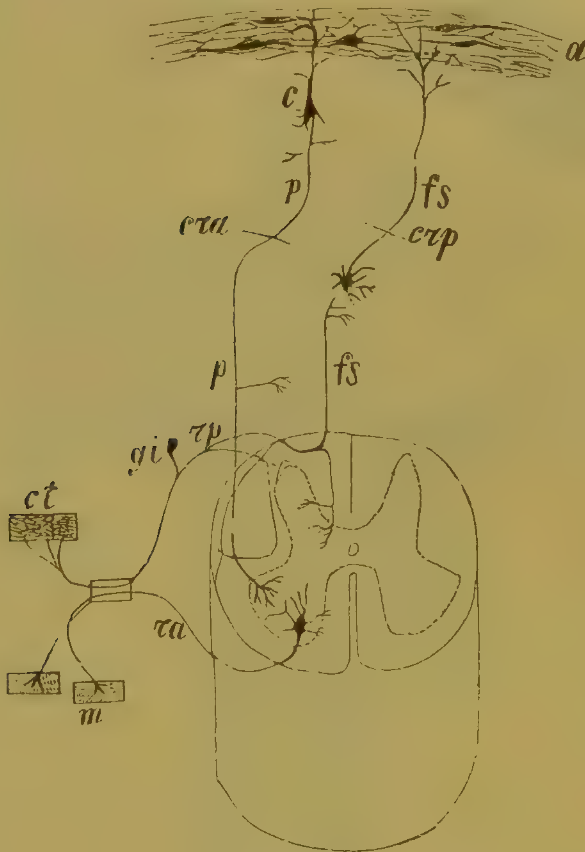



Fig. 477.
Schema über den Verlauf der sensitiv-motorischen Bahnen im Gehirn. *ct* sensibler peripherer Nerv; *m* motorischer peripherer Nervenzweig; *gi* Ganglion intervertebrale; *rp* hintere, *ra* vordere Wurzel; *fs* Hinterstrangfaser; *crp* hintere oder obere Kreuzung; *fs* Schleife; *a* Endhirnrinde; *c* Pyramidenzelle; *p* Pyramidenbahn. Die in die Bahn der Schleife eingeschalteten Thalami im Interesse der Einfachheit fortgelassen.

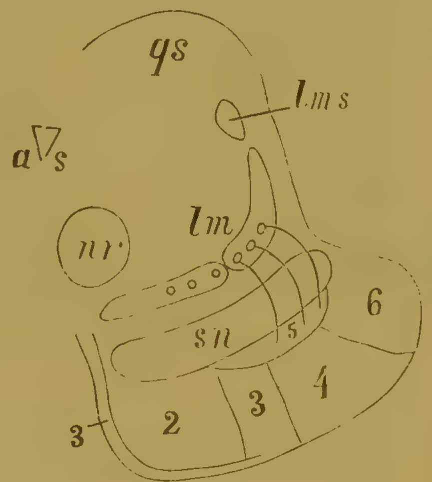



Fig. 478.
Die Basis des Endhirnschenkels. Schematischer Querschnitt. *qs* vorderer Vierhügel; *aS* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *sn* Substantia nigra; *lm* Schleife, ihr innerer Abschnitt entstammt vorwiegend den Keilstrangkernen, ihr äusserer den *Goll*schen Kernen; *lms* obere Schleife aus dem hinteren Vierhügelganglion; 6 Occipito-temporale Endhirnrindenbrückenbahn; 4 Pyramidenbahn; 3 motorische Hirnnerven, weiter unten die mediale accessorische Schleife erzeugend; 2 frontale Endhirnrindenbrückenbahn; 5 sensorische Hirnnerven, die feinfaserigen zerstreuten Bündel der Schleifenschicht bildend.

zu den Parietalwindungen und vielleicht auch zu den motorischen Regionen emporzusteigen. Wenigstens pflegen alte Herde in diesen Rindengegenden von Atrophie des roten Haubenkernes, ja manchmal auch des kontralateralen vorderen Kleinhirnschenkels begleitet zu werden,*) andererseits führen parietale Rindenaffektionen beim Menschen

*) *Flechsig* u. *Hösel*, Neurolog. Centralbl. 1890, Nr. 14, beschreiben einen dieser Fälle.

und Zerstörung der Parietalwindungen bei Tieren häufig zu ganz analogen reitbahnartigen Zwangsbewegungen, wie sie nach Beschädigungen des vorderen Kleinhirnarmes beobachtet werden (*Bechterew*).

Unaufgeklärt ist in manchen Beziehungen noch immer das Verhalten der dorsalen Fasern der hinteren Kommissur zur Endhirnrinde. Vieles weist auf einen Ursprung derselben in den distalen und lateralen Hemisphärenteilen hin, da Zerstörungen der vorderen und centralen Windungen niemals von Faserdegeneration in der hinteren Kommissur gefolgt werden. Wiederholt beobachtet dagegen habe ich Entartung dieser Elemente beim Hunde nach Beschädigungen in der Umgebung der Fossa Sylvii (Schläfenlappen im Gebiete des Hörcentrums) und über dieser Furche, insbesondere nach solchen der hinteren Region des Stirnlappens. Die fraglichen Fasern durchziehen hauptsächlich die Gegend des Corpus geniculatum laterale in Gesellschaft der Opticusbahnen, um sodann einwärts durch die hinteren Teile des Thalamus zu verlaufen. Bei ihrem Eintritte in den vorderen Vierhügel erzeugen sie dessen mittlere Markschicht, kreuzen über dem Aquaeductus Sylvii und werden schliesslich zu Bestandteilen des tieferen und des mittleren Vierhügelmarkes unter Übergang in die Formatio reticularis (s. oben). Auch Beschädigung des Gyrus fornicatus führt zu Entartung der hinteren Kommissur und zwar ihrer ventralen Elemente, doch gehen dieselben durch Faserzüge des Fornix longus in die Taenia thalami und in den Pedunculus conarii über, nicht aber durch Vermittelung des Stratum zonale des Sehhügels.

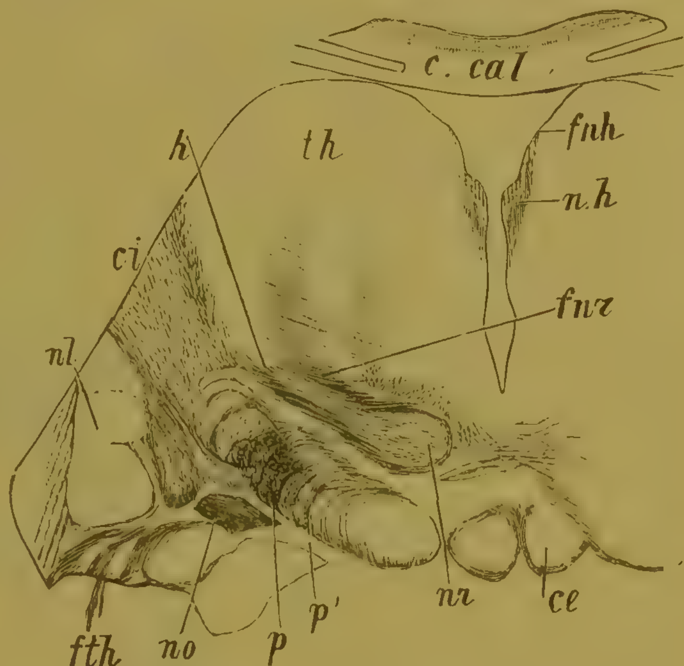



Fig. 479.
Durchschnitt durch den vorderen Teil des roten Kerns. Gehirn eines $2^1/_2$—3 monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c.cal* Corpus callosum; *th* Thalamus; *nh* Nucl. habenulae; *fnh* Faserzug vom Nucl. habenulae zum Stratum zonale thalami; *ce* Corpus candicans; *nr* roter Kern; *fnr* Faserzüge vom roten Kern zum Thalamus; *h* Faserzüge vom roten Kern zur inneren Kapsel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *fth* unterer Thalamusstiel; *no* Tractus opticus; *p* Gegend der Pyramidenbahn; *p'* motorische Hirnnerven, noch nicht völlig markhaltig.

Die aus dem Grau des vorderen Vierhügelganglions hervorgehenden Fasermassen liegen anfänglich an dem hinteren Schenkel der inneren Kapsel. Von hier begeben sie sich im Vereine mit den

Bahnen aus dem lateralen Kniehöcker und aus dem Pulvinar thalami zu der Occipitalrinde. Die weiteren Einzelheiten des Verlaufes der optischen und der in dem hinteren Vierhügel und dem medialen Kniehöcker entspringenden centralen akustischen Bahn kommen später nach Kenntnisnahme der Bestandteile des vorderen Schenkels der Capsula interna zur Darstellung.

Hier verläuft vor allem die mächtige **frontale Endhirnrinden-Brückenbahn** (Fig. 480 *fi*). Sie kommt, wie mir pathologische Befunde darthun, im wesentlichen aus dem Stirnlappen, zum Teile

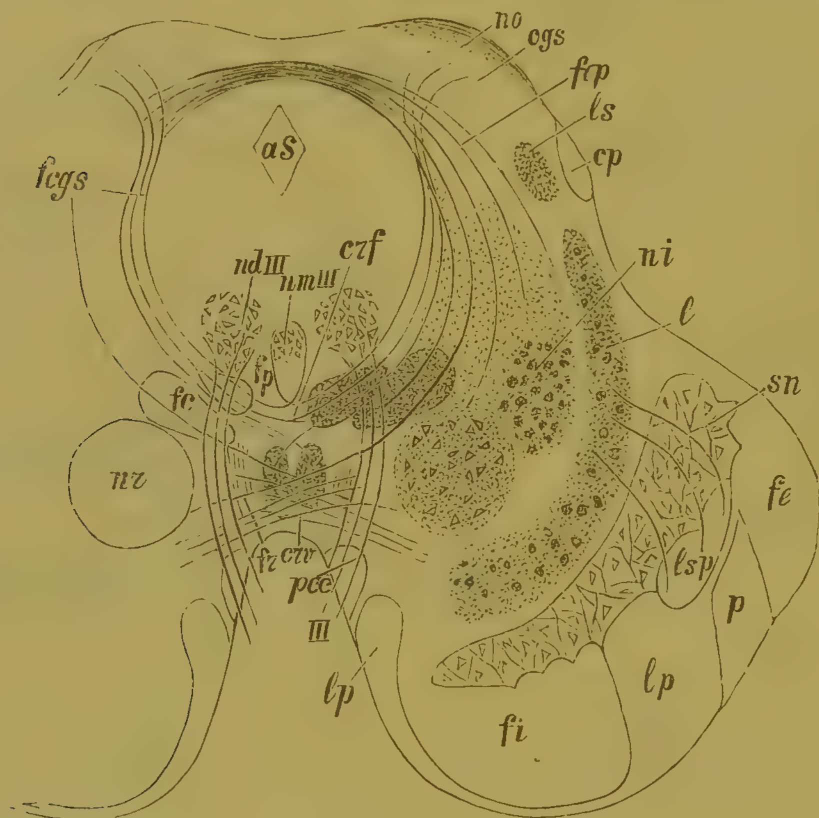



Fig. 480.

**Faserverlauf in der Gegend des vorderen Vierhügels. Schematisch dargestellt.** *no* Tractus opticus; *cgs* oberer Vierhügel; *fep* Faserzüge der hinteren Kommissur; *ls* Faserbündel aus dem hinteren Vierhügelganglion zum Sehhügel; *cp* Corpus parabigeminum; *ni* Nucleus innominatus; *l* Schleifenschicht; *sn* Substantia nigra; *fe* äusseres Bündel des Hirnschenkelfusses; *p* Pyramidenbahn; *lp* accessorische Schleifenbahn; *lsp* zerstreute Schleifenbündel, in den Hirnschenkel eintretend; *fi* inneres Bündel des Hirnschenkels; *III* Nervus oculomotorius; *pcc* Pedunculus corporis mamillaris; *crv* ventrale Haubenkreuzung; *fr* Fasciculus retroflexus; *nr* Nucleus ruber; *fc* centrale Haubenbahn; *fp* hinteres Längsbündel; *ndIII* hinterer Kern des Oculomotorius; *nmIII* medialer Kern des Oculomotorius; *crf* fontänenartige Kreuzung; *fcgs* Fasern des tiefen Markes des vorderen Vierhügels, in die fontänenartige Kreuzung übergehend; *aS* Aquaeductus Sylvii.

vielleicht auch aus den Centralwindungen und den Inselwindungen (*Zacher*). Faserzüge des Nucleus caudatus zu tieferliegenden Gebieten, insbesondere zu den Brückenkernen schliessen sich ihr an. In pathologischen Fällen ist Degeneration dieser Bahn nach Rindenläsionen sowie nach solchen der Grosshirnganglien und der inneren Kapsel wiederholt

beobachtet und neuerdings auch beim Kaninchen und Hunde nach Zerstörung des Stirnlappens von *A. Shukowski* in meinem Laboratorium nachgewiesen worden (Fig. 481, 482 *c i*, Fig. 483 *fp*). Stets erstreckte sie sich abwärts längs dem medialen Rande der Hirnschenkelbasis, aber nur bis zur Höhe der Brückenganglien. Auch *Ferrier* und *Turner* haben nach Zerstörung der vorderen und hinteren Stirnlappengebiete beim Affen neuerdings absteigende Degeneration der frontalen Brückenbahn beobachtet. Die Hauptmasse der degenerierten Fasern findet sich, wie mir die unter meiner Leitung ausgeführten Untersuchungen von *A. Trapeznikoff* gezeigt haben, in der gleichseitigen Brückenhälfte, ein Teil derselben gelangt aber in der ventralen Brückengegend auf die andere Seite (Fig. 484 *fp c*) und unterliegt somit der Kreuzung.

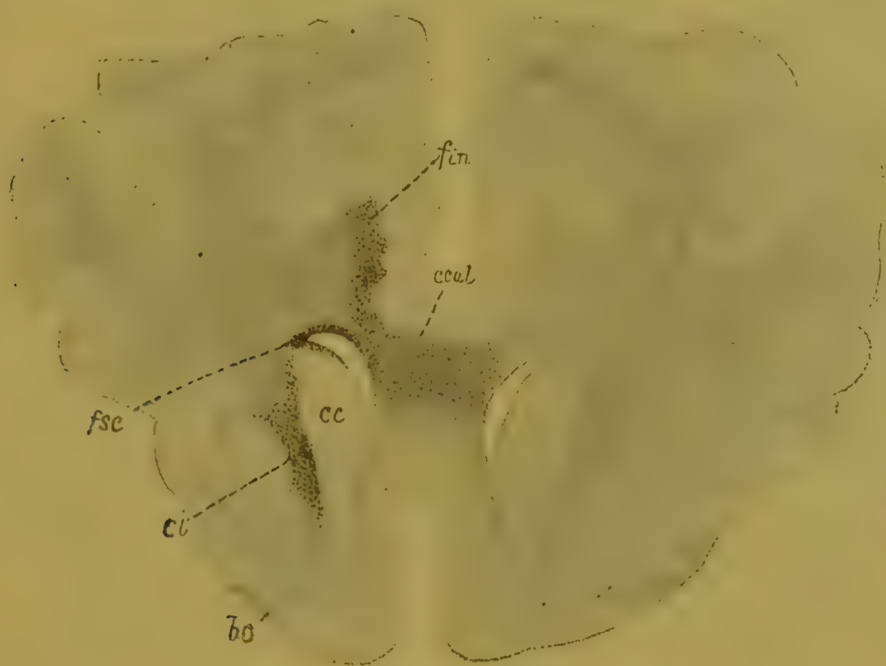



Fig. 481.

Durchschnitt eines Hundegehirns. Zerstörung des Frontallappens. Nach einem Präparate von *Shukowski*. *fin* Cingulumfaserung; *ccal* vorderer Teil des Balkens; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ci* Capsula interna — sämtlich degeneriert; *cc* Corpus caudatum; *bo* Bulbus olfactorius. *Marchi*-Methode.

Die Ursprungsverhältnisse der Fasern, die zu der Substantia nigra (Fig. 480 *sn*) in nächster Beziehung stehen, liegen grösstenteils noch im Dunkeln, doch scheinen allem zufolge die vorderen Hemisphärengebiete hier in Frage zu kommen. Degeneration dieser Fasern habe ich bei ausgedehnter pathologischer Destruktion der Stirnlappen und wiederholt nach Herdaffektionen im Gebiete des vorderen Schenkels der Capsula interna und der Grosshirnganglien beobachtet. Ja in einigen Fällen ist im Anschlusse an alte Herde im vorderen Kapselschenkel neben absteigender Faserdegeneration der fronto-pontilen Bahn Zellatrophie in der Substantia nigra nachgewiesen worden. Auch halbseitige Hirnatrophie führt zu Atrophie der Substantia nigra und des Corpus Luysii (*Jelgersma*).

Künstlich kann Atrophie der beiden zuletzt genannten Gebilde durch Entrindung hervorgerufen werden (*v. Monakow* u. a.). Zerstörung der Stirnlappen des Kaninchens führt — *Marchi*-Methode — unter anderem zu Faserdegeneration im Stratum intermedium und in der Substantia nigra (*Shukowski* aus meinem Laboratorium). Allen diesen Befunden zufolge würde die Substantia nigra durch Fasermassen, welche ihr durch den vorderen Schenkel der Capsula interna zufliessen, mit proximal gelegenen Hemisphärengebieten zusammenhängen; als solche führt *v. Monakow* den Gyrus frontalis tertius, die vorderen Inselwindungen, und (?) den vorderen Abschnitt des Klappdeckels an. Degeneration und Atrophie der Substantia nigra sind bisher von *Witkowski*, *mir*, *Rossolymo*, *Déjérine*,

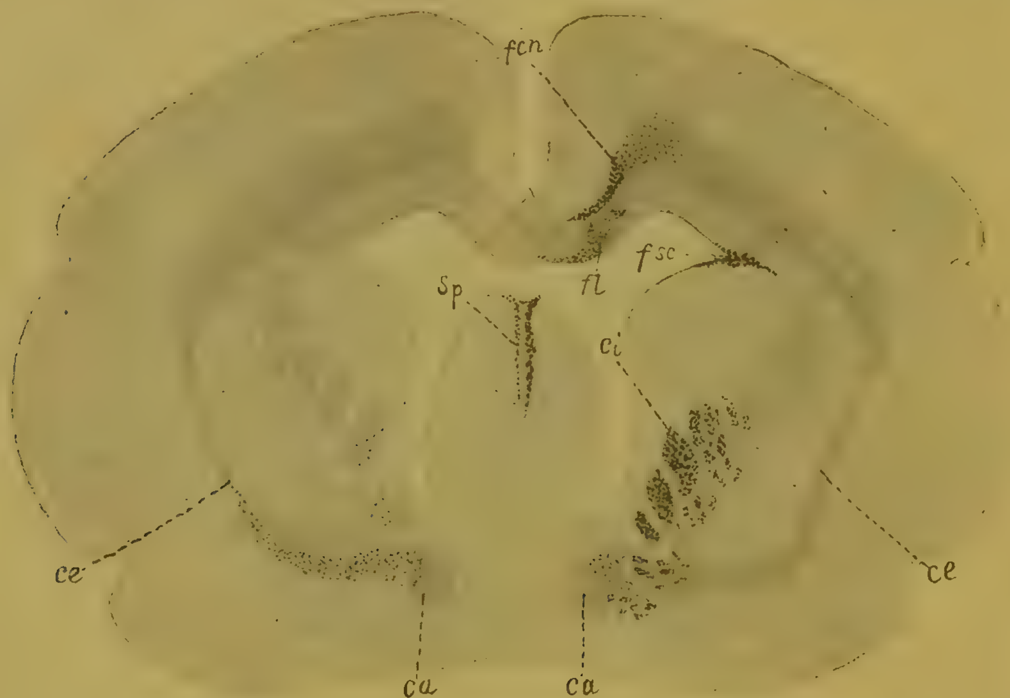



Fig. 482.

Durchschnitt eines Hundegehirns mit Zerstörung des Frontallappens. Nach einem Präparate von *Shukowski*. *fcn* Degeneration im Cingulum; *fl* degenerierte Fasern des Fornix longus auf ihrem Wege durch das Corpus callosum; *fsc* degenerierter Fasciculus subcallosus; *sp* degenerierte Fornixfasern im Septum pellucidum; *ci* Faserdegeneration in der Capsula interna; *ce* Capsula externa; *ca* Commissura anterior. Die in die äussere Kapsel eintretenden vorderen Kommissurenfasern links, zum Teile auch rechts entartet. *Marchi*-Methode.

*v. Monakow*, *Mingazzini* u. A. beschrieben worden. Nach den Befunden von *Jürmann* (mein Laboratorium) findet sich Faserdegeneration in der Substantia nigra bei Hunden im Anschluss an Läsionen der hinteren-lateralen Stirnlappengebiete und der Rinde über der Fossa Sylvii. Und zwar betrifft die Degeneration, wenn die erwähnte Beschädigung mehr nach vorne gelegen, die medialeren, wenn mehr nach hinten — die lateraleren Fasermassen der Substantia nigra. Manchmal wird nach Rindenläsionen nur örtliche Atrophie in der Substantia nigra beobachtet, was auf eine Beziehung der letzteren zu diskreten Ab-

schnitten der Rinde hinweist. Zwischen dem atrophischen Bezirk der Substantia nigra und dem Degenerationsfelde am Fusse des Hirnschenkels wird hierbei häufig jede topographische Übereinstimmung vermisst (*Mingazzini*). — Auf gewisse Beziehungen der Substantia nigra zu dem Nucleus caudatus bin ich bereits vor vielen Jahren aufmerksam geworden*). In letzterer Zeit erneuert *Kam* diese Beobachtung.

Es sind nunmehr die direkten Rindenbahnen der basalen Hirnganglien näher zu betrachten.

Läsionen bestimmter Abschnitte der Hirnrinde führen, wie durch *v. Gudden* zuerst nachgewiesen und späterhin von *v. Monakow***), mir selbst und anderen bestätigt worden, zu sekundärer Degeneration gewisser subkortikaler Ganglien und ihrer Fasermassen. Diese subkortikalen Regionen stellen in ihren Beziehungen zur Rinde einen Neuronenkomplex vor, dessen Thätigkeit, ja dessen ganze Anlage durch die Integrität bestimmter Rindenbezirke bedingt wird. Nach Ansicht *v. Monakows* stehen manche subkortikale Ganglien, so die Thalamuskerne (mit Ausnahme des ventralen), das Pulvinar, das Corpus subthalamicum direkt, andere, wie der Nucleus ventralis thalami, der rote Haubenkern, indirekt in Abhängigkeit von der Rinde; noch andere, so die Corpora geniculata, nehmen eine Zwischenstellung ein. Endlich giebt es Teile im Hirnstamm, die durch Entfernung der Hirnrinde nicht alteriert werden. Hierher gehören der Nucleus habenulae und die mit ihm verbundenen Fasern, das centrale Grau, die Formatio reticularis, gewisse Hirnnervenkerne etc. Sie besitzen nur entfernte Beziehungen zu der Rinde des Endhirns. Ich kann die vorliegende Darstellung *v. Monakows*, wenigstens in Bezug auf die Hirnnervenkerne, allerdings nicht bedingungslos unterschreiben, da einige dieser Kerne sicher unmittelbar mit der Rinde zusammenhängen, ja nach Beschädigung der letzteren — *Marchi*-Methode — in Degeneration übergehen können.




Fig. 483.
Durchschnitt eines Kaninchengehirns mit zerstörtem Stirnlappen in der Gegend des vorderen Vierhügels. Nach einem Präparate von *Shukowski*. *cga* Corpus quadrigeminum anterius; *fp* fronto-pontile Rindenbahn, degeneriert. *Marchi*-Methode.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen wenden wir uns zunächst zu den Rindenverbindungen der Corpora geniculata und der Thalami optici (Fig. 485).

*) Archiv f. Psych. 1885.
**) Archiv f. Psych. Bd. XXVII, Heft 1 u. 2.

Mit den Bahnen des vorderen Vierhügels zur Hinterhauptgegend verlaufen, wie schon erwähnt wurde, einerseits Faserzüge aus dem lateralen Kniehöcker, andererseits solche aus dem distalen Abschnitte des Thalamus. Alle diese Bahnen werden auch zusammen als *Gratiolet*'sche Sehstrahlung beschrieben (Fig. 485). Als mächtige Bündel ziehen sie — Markscheidenmethode (Fig. 486—488) — nach ihrem Austritte aus den primären Opticuscentren lateral vom Hinterhorne, durch das Tapetum davon getrennt, zum Occipitalhirn und strahlen hier teils in die Rinde der Fissura calcarina, teils in die des an-

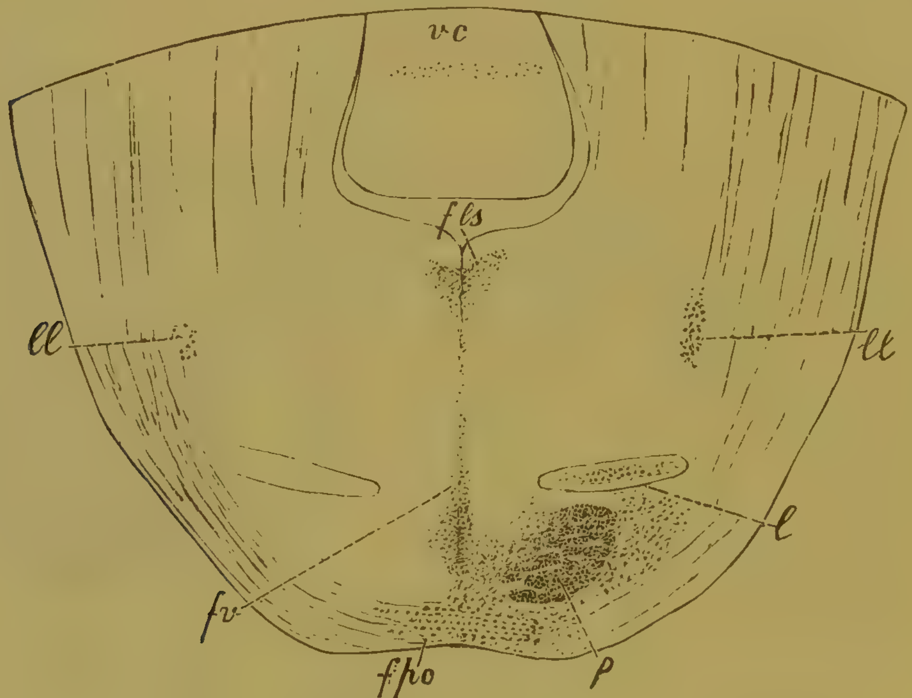



Fig. 484.

**Durchschnitt eines Hundegehirns in der Brückengegend nach Zerstörung des kortikalen Schluckcentrums.** Nach einem Präparate von *A. Trapeznikoff*. *vc* Vermis inferior cerebelli; *ll* laterale Schleife; *fls* hinteres Längsbündel, teilweise degeneriert; *fv* degenerierte Raphefasern; *f* Schleife, zum Teil degeneriert; *p* degenerierte Pyramidenbahn; *fpo* kreuzende Längsfasern der Brücke. *Marchi*-Behandlung.

stossenden Gyrus lingualis ein. Beschädigung dieser Gegend hat Atrophie der Sehstrahlung, häufig auch ihrer Ursprungsstätten, ja manchmal des Tractus opticus, zur Folge. Sehr lehrreiche Fälle dieser Art schildern *v. Monakow**) und *Kreuser***). An dem kindlichen Menschenhirn finde ich die Endverästelung der Opticusbahn in der Nachbarschaft der Fissura calcarina, insbesondere in dem Zwickel und im distalen Teile der Zungenwindung. Die dorsolateralen Occipitalwindungen nehmen bei dem Menschen keine Fasern aus der Sehstrahlung auf. Bei Tieren stehen $^{3}/_{5}$ des ersten und der zweite Occi-

*) Arch. f. Psych. 1889. Bd. XXI.
**) Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLVIII.

pitalgyrus in Verbindung mit dem lateralen Kniehöcker und dem Pulvinar (*v. Monakow*).

In dem distalen Schenkel der Capsula interna, in der Nähe ihrer primären Centren, erscheint die Sehstrahlung deutlich aus zwei Teilen zusammengesetzt. Die dem lateralen Kniehöcker bezw. dem ihm anliegenden seitlichen Markfelde entsprechende Wurzel zieht zum Cuneus und vielleicht auch zum Gyrus lingualis (*Edinger*). Dahinter verläuft als gesonderter Strang die Bahn aus dem Pulvinar zu beiden Occipitalwindungen.




Fig. 485.
Schema über den Verlauf der Opticusbahnen im Gehirn. *rt* Netzhaut; *ch* Chiasma; *th* Thalamus; *cge* Corpus geniculatum externum; *cqa* vorderer Vierhügel; *lob. occip.* Hinterhauptlappen.




Fig. 486.
Frontalschnitt des Lobus occipitalis eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes. *cc* Corpus callosum; *v* Hinterhorn des Seitenventrikels. *Pal*sche Methode.

Nach Enukleation des Auges, sowie nach Ausschaltung der primären Opticuscentren wird, wenigstens bei dem Menschen, die Rinde nur im Gebiete der Fissura calcarina atrophisch gefunden. *O. Leonowa* ermittelte unlängst in Fällen von angeborenem Mangel oder Atrophie des Bulbus einen sehr auffallenden Ausfall von Zellelementen, und zwar erschien die 4. Schicht mit ihren auf hellem Grunde zerstreuten Zellen spurlos verschwunden. Die genannte Beobachterin kommt auf Grund dieses Befundes zu dem zutreffenden, wiewohl schon durch

frühere Untersuchungen ziemlich gut begründeten Satz, die Rinde des Occipitallappens bezw. der Fissura calcarina und insbesondere deren vierte Schicht bilde das wahre Centrum des Gesichtssinnes.

In der Sehstrahlung unterscheiden wir gegenwärtig zwei verschiedene Arten von Bahnen, erstens solche, die in den primären Centren entspringen und gegen die Rinde hin verlaufen, und zweitens Bahnen, die aus der Rinde heraus jenen Centren zustreben*).

Zwischen der Rinde des Occipitallappens und den primären Opticuscentren besteht ein etwas anderes Verhältnis, als zwischen letzteren und den Sehnerven. Während nämlich nach Entfernung eines Augapfels bei jungen Kaninchen vor allem der vordere Vierhügel, in geringerem Masse hingegen der laterale Kniehöcker und das Pulvinar atrophisch gefunden werden, bedingt Abtragung der Occipitalrinde umgekehrt auffallende Atrophie des Corpus geniculatum laterale (insbesondere seines vorderen Abschnittes) und des Pulvinar bei sehr unbedeutender Schädigung des vorderen Vierhügelganglions (*v. Monakow*). Ja in einem und demselben Ganglion unterliegen der Atrophie nicht die gleichen Teile. Im Anschlusse an Bulbusatrophie schwindet (*v. Monakow*) bei dem Kaninchen vorzugsweise die Substantia gelatinosa

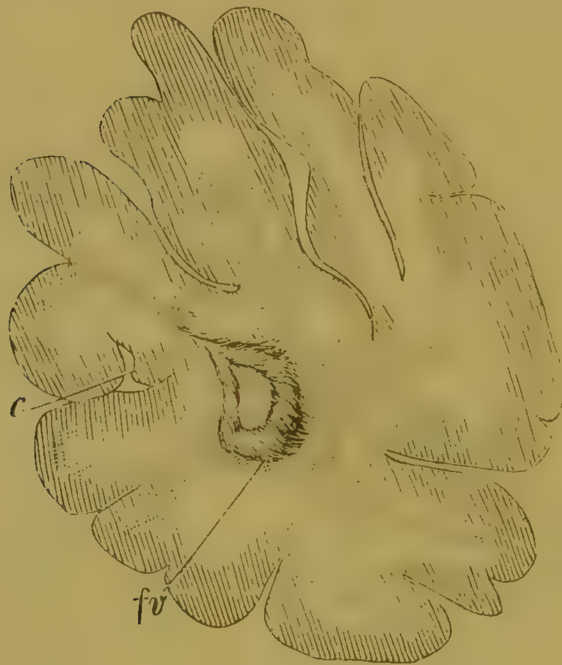



Fig. 487.
**Durchschnitt des Occipitalhirns eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes**, hinter dem vorhergehenden. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *c* Fissura calcarina; *fv* Sehstrahlung. Methode von *Pal*.

*) *L. Edinger*. Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896. *Ferrier* und *Turner* (Philos. Transact. 1898 Vol. CXC) melden über sekundäre Degenerationen nach Ausschaltung verschiedener Hemisphärengebiete bei den Affen. Bei Zerstörung des Sehcentrums fanden sie Degeneration der Opticusstrahlung. Letztere besteht nach ihren Befunden 1) aus centrifugalen Bahnen. Dieselben verlaufen in der Sehstrahlung zu dem gleichseitigen Thalamus und zu dem Vierhügel teils der gleichen, teils der anderen Seite (*Monakow*), und 2) aus centripetalen Systemen vom Thalamus zu dem Gyrus angularis und zum Occipitallappen, wo sie sich in den lateralen Windungen, aber auch im Cuneus und an den Lippen der Fissura calcarina auflösen. Der Gyrus angularis sendet nach *F.* und *T.* keine absteigenden Fasern zu den basalen Ganglien, ist aber durch Associationsbahnen mit der oberen Schläfenwindung, dem oberen und unteren Scheitelläppchen und dem Occipitalhirn verbunden.

des lateralen Kniehöckers, bei Abtragung der Sehsphäre dagegen erweisen sich im wesentlichen dessen Nervenzellen, weniger die gelatinöse Substanz betroffen. Merklich verschmächtigt erscheint gleichzeitig die Markkapsel des Corpus geniculatum laterale; deren unversehrte Elemente entsprechen augenscheinlich Sehnervenfasern. Ganz analoge Erscheinungen bietet das Pulvinar dar. In dem vorderen Vierhügel aber betreffen die wesentlichsten Veränderungen das mittlere Marklager; dieses, sowie der Stiel des vorderen Zweihügels (Hemisphärenbündel des Tractus opticus) erscheinen in auffallendem Grade atrophisch. Gestützt auf diese seine Erhebungen folgert *v. Monakow*, dass beim Kanin-

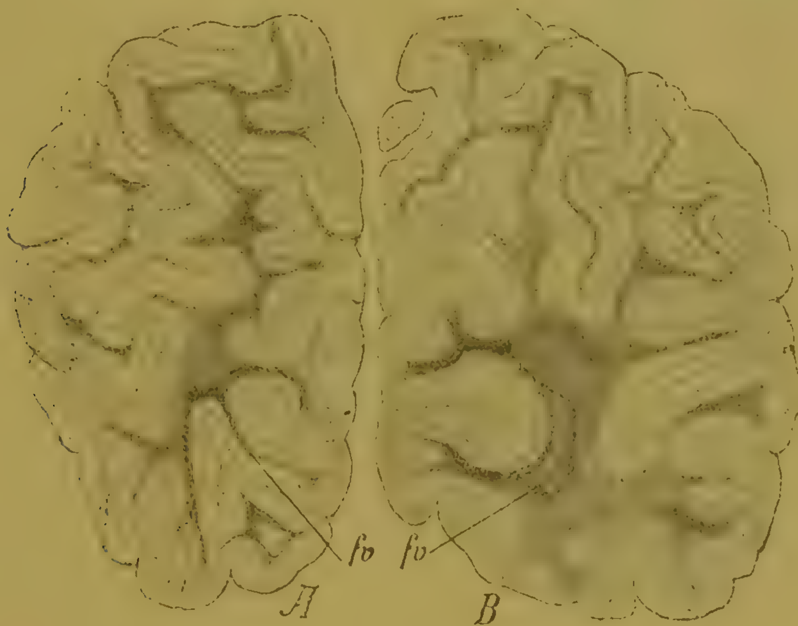



Fig. 488.
Frontalschnitt des Occipitallappens eines $4^1/_2$ monatigen Kindes. Nach Präparaten von *W. Reimers*. Der Schnitt *A* entspricht einer distaler gelegenen Ebene. *fv* Sehstrahlung. Methode von *Weigert*.

chen von den drei primären Opticuscentren das vordere Vierhügelganglion zu den Sehnerven, das Pulvinar und der Kniehöcker zur Endhirnrinde in Beziehung stehen. Beide Systeme optischer Leitungsbahnen seien untereinander verbunden, die Sehsphäre hingegen trete nur mittelbar mit der Retina in Verkehr.

An Katzen und Hunden erzielte *v. Monakow* im ganzen mit den obigen übereinstimmende Ergebnisse. Immerhin besteht hier zwischen den Sehnerven und den primären Sehcentren bereits ein etwas anderes Verhältnis, indem erstere mit den lateralen Kniehöckern und dem Pulvinar ausgiebigere Verbindungen eingehen, wogegen der Vierhügel, bei dem Kaninchen noch von so hervorragender Bedeutung, hier als Opticuscentrum erheblich zurücktritt.

Bei dem Menschen erzeugen die aus den Elementen des lateralen Kniehöckers hervorgehenden Fasern, nach hinten ziehend, die sogen.

occipitale Opticusbahn (*Henschen*), einen ca. 5 mm starken Strang, welcher in der Höhe der ersten und zweiten Occipitalwindung der Fissura calcarina zustrebt. In dieser Bahn erscheinen Elemente des direkten und des gekreuzten Sehnervenbündels miteinander vergesellschaftet, doch nehmen die den dorsalen Teilen der Netzhaut entsprechenden Fasern hier dorsale Lage ein, wie in dem vorderen Opticusabschnitt. Im Gebiete des Occipitalhirns strahlen sie sämtlich bogenförmig gegen den Grund der Fissura calcarina, die eigentliche Stätte des Sehcentrums, aus. Die obere Furchenlippe der Calcarina korrespondiert der oberen, die untere Lippe dieser Furche der unteren Hälfte der Retina. Dem gelben Fleck entspricht ein frontaler, dem peripheren Gebiet der Netzhaut ein occipitaler Abschnitt des Furchengrundes. Die Gegend der Macula lutea erhält übrigens häufig eine bilaterale Innervation von beiden Hemisphären. Den Bestandteilen des gekreuzten und ungekreuzten Opticusbündels entsprechen keine besonderen getrennten Rindenfelder, vielmehr liegen sie hier dicht nebeneinander, während sie in dem Tractus opticus getrennt von einander sind. *Henschen**) führt an der Hand eines interessanten Falles und des bezüglichen Sektionsbefundes den Nachweis, dass auch in dem lateralen Kniehöcker eine ganz ähnliche topographische Anordnung der Opticusfasern vorhanden ist, wie in den beiden Teilen (dem frontalen und occipitalen) der Opticusbahn, da Zerstörung des dorsalen Abschnittes dieses Gebildes in *H.*s Falle zu Hemianopsie des unteren Quadranten des Gesichtsfeldes, welcher Erblindung der dorsalen Quadranten beider Netzhäute entspricht, geführt hatte.

Wie es Fasern giebt, welche die Netzhaut mit dem Vierhügel und dem Pulvinar verbinden, so fehlt es nicht an solchen, die jene Ganglien mit der Sehsphäre der Rinde in Verbindung setzen.**) Das occipitale Rindenbündel des Thalamus verläuft hierbei zwar in der Nachbarschaft, aber völlig getrennt von dem des lateralen Kniehöckers. Dem Sehakte dienen (*Henschen*) unmittelbar nur jene Bahnen, die durch das Corpus geniculatum laterale hindurchgehen; die übrigen Leitungen sind bei dem Menschen höchstwahrscheinlich für die Übertragung optischer Reflexe von Bedeutung. Vollgiltige Beweise liegen, wenigstens was den vorderen Vierhügel niederer Geschöpfe betrifft, für die angeführten Sätze freilich nicht vor. Doch lassen meine bezüglichen experimentellen Untersuchungen an Hunden keinen Zweifel übrig, dass der vordere Vierhügel bei ihnen, wie das Corpus bigeminum der Vögel, als Opticuscentrum zu gelten hat. Denn Zerstörung desselben führt zu ganz analogen Sehstörungen, wie Läsionen des Corpus geniculatum externum.

*) Neurolog. Centralbl. 1898 Nr. 5.

**) *E. Henschen*, Neurolog. Centralbl. 1893. S. 818.

Nach *Vialets* auf 5 Fälle von Hemianopsie sich beziehenden Untersuchungen liegt der Ursprung der Opticusbahn im Cuneus und Gyrus fusiformis. Die im oberen Abschnitt des Cuneus entspringenden Fasern verlaufen über der oberen Wand des Hinterhorns an der dorsalen Seite des Forceps major; die aus der unteren Seite herkommenden gesellen sich zu den Bahnen aus der Gegend der Fissura calcarina und

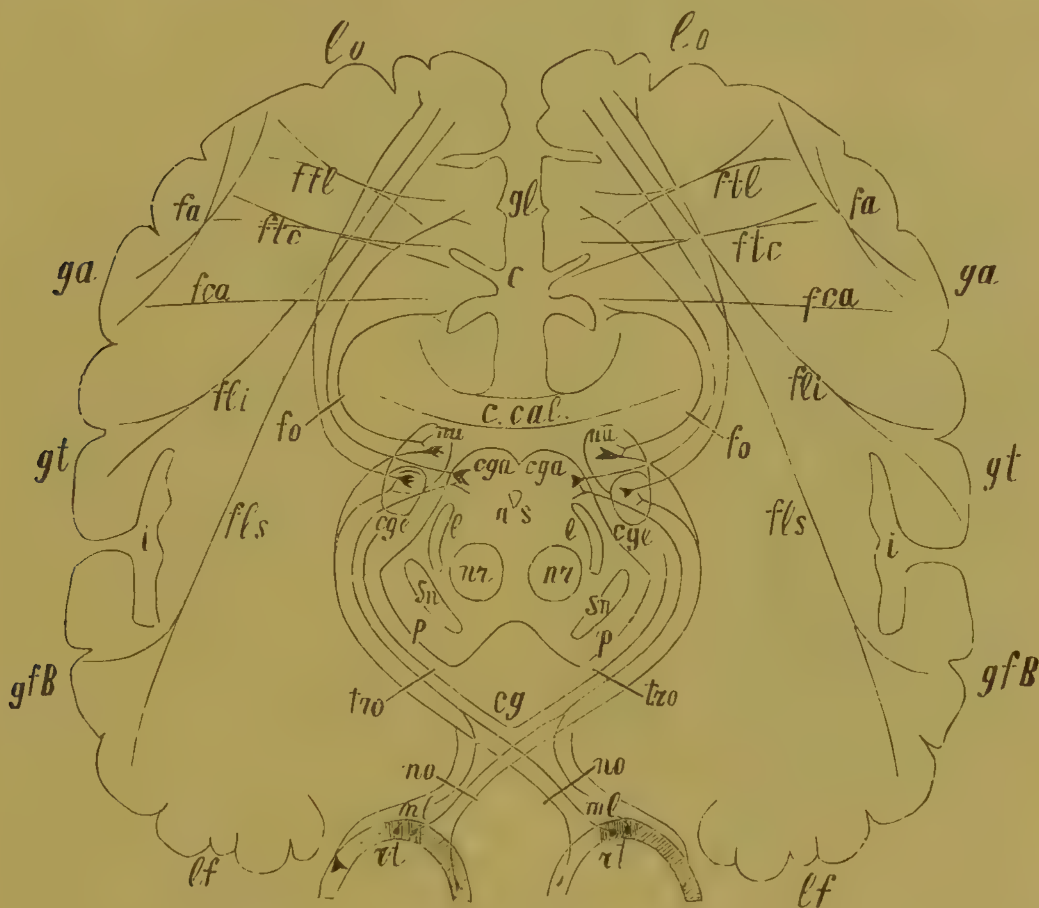



Fig. 489.

Die optische Leitungsbahn von der Netzhaut zu den Rindencentren und die Verbindungen der letzteren mit anderen Rindenregionen. Schema. *rt* Netzhaut; *ml* gelber Fleck; *no* Nervus, *tro* Tractus opticus; *cg* *Gudden*sche Kommissur; *cge* Corpus geniculatum externum; *cga* vorderer Vierhügel; *pu* Pulvinar; *fo* *Gratiolet*sche Sehstrahlung; *as* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Haubenkern; *l* Schleife; *sn* Substantia nigra; *p* Grosshirnschenkel; *c.cal* Balken; *c* Cuneus; *gl* Gyrus lingualis; *lo* Lobus occipitalis; *ga* Gyrus angularis; *gt* Gyrus temporalis (Gehörcentrum); *i* Insula Reilii; *gfB* Gyrus frontalis Brocae (Sprachcentrum); *lf* Lobus frontalis; *fa* Faserzug vom Sehcentrum zum Centrum der optischen Wortbilder; *fli* Fasciculus longitudinalis inferior, das Sehcentrum mit der Gehörsphäre bezw. dem Centrum der akustischen Wortbilder verbindend; *fls* Fasciculus longitudinalis superior zwischen Seh- und Sprachcentrum ( *ftl, ftc* Faserzüge von *Sachs* und *Vialet*, von den Centren der Lichtperception (Gyrus lingualis und Cuneus) zu den Centren der optischen Erinnerungsbilder an der lateralen Fläche des Occipitalhirns; *fca* Bündel zwischen dem Centrum der optischen Perception und dem der optischen Wortbilder.

des Zungenläppchens und ziehen in spiraligem Bogen längs der unteren Wand des Hinterhorns zu dessen äusserer Wand (Fig. 487 *fv*). Hierher gelangen auch Faserzüge aus dem medialen Abschnitt des Lobus fusiformis. Alle diese Bahnen, zu denen sich subkortikal Associationsfasern hinzugesellen, weichen mit letzteren wieder auseinander, um sich

unter dem Tapetum, welches sie von dem Ventrikel abgrenzt, zu dem kompakten Bündel der Sehstrahlung zu vereinigen. Dieses nimmt frontalen Verlauf an. Sein Ursprung liegt (*v. Monakow*) im lateralen Kniehöcker und im Pulvinar, zum geringeren Teile im vorderen Vierhügelganglion (Fig. 490). Fasern des Splenium corporis callosi verknüpfen beide Opticuscentren untereinander. Auch zu anderen Rindencentren giebt es Associationsbahnen. So führt der Fasciculus longitudinalis inferior von der Sehsphäre zum Sprachcentrum. In einem von *Dejerine* beobachteten Fall knüpfte sich Wortblindheit an Unterbrechung dieses Bündels. Ein querer Faserzug wird von dem Genannten im Cuneus und Gyrus lingualis beschrieben (Fig. 489).




Fig 490.
Schnitt durch den Occipitallappen eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik*. *Pal*sche Methode. *c* Fissura calcarina; *fv* Opticusbahn, als markhaltiger Strang sich scharf von der marklosen Umgebung abhebend.

Meine eigenen Untersuchungen am kindlichen Gehirn ergaben mir etwas abweichende, aber im ganzen den Befunden von *Henschen* und *Vialet* doch sehr nahekommende Resultate. Nach diesen meinen Beobachtungen zieht die Sehstrahlung, anfänglich lateral vom Hinterhorne gelegen (Fig. 486), gegen die Hirnrinde hin an der dorsalen und ventralen Seite des letzteren vorbei (Fig. 487) und zerstreut sich in der Rinde der Fissura calcarina, und zwar sowohl in der oberen, wie in der unteren Lippe dieser Furche und in den anstossenden hinteren Teilen des Gyrus lingualis (Fig. 490 u. 491).

Die Verhältnisse der centralen Opticusleitung stellen sich somit im Lichte der verschiedenen Untersuchungsmethoden in durchaus übereinstimmender Weise dar. Dies bietet zugleich die beste Gewähr für die Genauigkeit der Befunde.*)

*) Der Vollständigkeit wegen ist hier eine bisher nur bei Vögeln nachgewiesene optische Reflexbahn zu erwähnen. Wie im früheren schon erwähnt, verfolgte *Perlia* bei Vögeln (Versuche mit Bulbusenucleation) ein besonderes Bündel des Tractus opticus zum verlängerten Marke, wo es zu den Zellen des sog. Ganglion isthmi von *Edinger* nach innen vom Trochlearis Beziehungen gewinnt. Dieses Bündel ist auch von *Bellonci* (Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1887 Bd. 47), von *Singer*

Das Corpus geniculatum mediale nimmt einerseits Faserzüge aus dem distalen Vierhügelganglion auf und schickt andererseits ein selbständiges Bündel zur Hirnrinde. Diese Rindenbahn des medialen

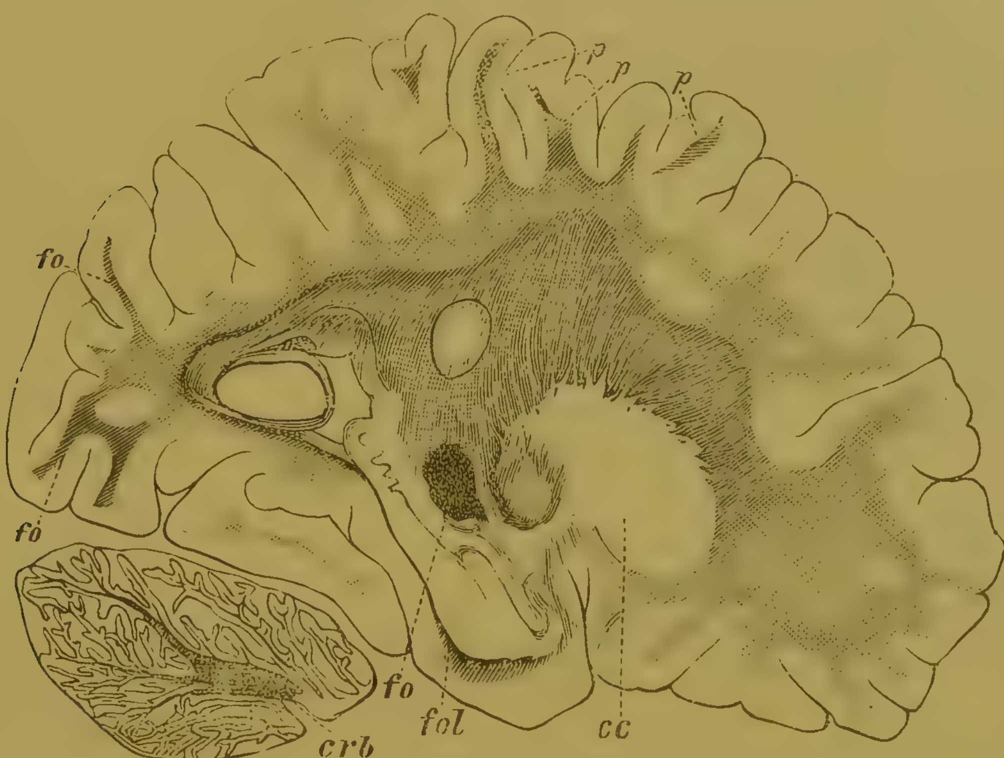



Fig. 491.
Sagittaler Vertikalschnitt in der Nähe der medialen Hemisphärenfläche von einem 7monatigen Kinde. Nach einem Präparat von *W. Reimers*. *p*, *p*, *p* Pyramidenbahn; *fo*, *fo* Sehstrahlung; *fol* Fasciculus cornu Ammonis; *crb* Kleinhirn; *cc* Corpus caudatum. Methode von *Pal*.

---

und *Münzer* und neuerdings von *A. Wollenberg* (Neurolog. Centralbl. 1898 No. 12) beschrieben worden. Nach den Degenerationsbefunden dieses letzteren Autors im Anschlusse an Beschädigungen des Ganglion isthmi erscheint jenes „mediale" Bündel des Tractus opticus von absteigendem Verlaufe. In dem Chiasma kreuzend, dringt es mit anderen Optikusfasern zur Retina vor und endigt in der gangliösen Schicht hierselbst. Einzelne Elemente desselben gehen durch die innere Molekularlage zur Körnerschicht. Von den Faserenden werden nach *Wollenberg* Beobachtungen gewisse Retinazellen zahnradartig umsponnen. Das von dem „medialen" Bündel versorgte Retinagebiet findet sich bei den Vögeln seitlich von der Papille und erstreckt sich bis in die nächste Umgebung der Fovea lateralis. Auf seiner Bahn giebt das bei Vögeln allein nachgewiesene, bei den Säugern und beim Menschen aber noch nicht dargestellte „mediale" Bündel Äste an die Opticuscentren ab (Lobus opticus, Corpus geniculatum thalamicum, grosszelliger Kern zwischen Nucl. rotundus thalami und ventralem Pole des Corpus geniculatum dorsale). Es fand sich in *Wollenbergs* Versuchen auch nach Beschädigung der Rinde des Lobus opticus degeneriert. Es entsteht so ein besonderes System als Tractus isthmo-tectalis, welches *Gaupp* (Anatomie des Frosches II. Abt. 1. Hälfte, Lehre vom Nervensysteme 2. Aufl. S. 47 und 50) auch beim Frosche und schon vor ihm *P. Ramón y Cajal* nachgewiesen hatte. Das Ganglion isthmi erscheint sonach als Reflexapparat, welches optische und wahrscheinlich auch andere Sinnesimpulse aufnimmt und diese der Retina übermittelt. Das System bedingt nach *Wollenberg* eine Art Akkommodation der Netzhaut.

Kniehöckers, der sich anscheinend auch Fasern aus dem hinteren Vierhügel und vielleicht sogar direkt aus der lateralen Schleife hinzugesellen, begiebt sich — gemäss den Ergebnissen von Atrophie- und Degenerationsversuchen (*v. Monakow*, *Mayser*, *Zacher*, *Mahaim*) — zum Schläfenlappen, vor allem zum Gyrus temporalis I, einer Stätte also, in welche man nach klinischen Beobachtungen bei dem Menschen das Gehörcentrum verlegt (Fig. 492).*)

Wird bei dem neugeborenen Kaninchen die Hörsphäre *Munks* entfernt, wie dies *v. Monakow***) gethan hat, so entwickelt sich mit der Zeit Atrophie eines strahlenförmigen Bündels, welches bogenförmig von der Temporalgegend zu dem hinteren-unteren Teil der inneren Kapsel hinzieht, und auffallende Atrophie mit Zellschwund in dem gleichseitigen medialen Kniehöcker. Gleichzeitig atrophiert der hintere Teil der Gitterschicht und die Fortsetzung derselben zur Hirnschenkelhaube. Wenn dabei die Fasern der Sehregion nicht beschädigt werden, so bleibt der laterale Kniehöcker, wie auch die übrigen Hirnteile unversehrt. Nach einseitiger Durchschneidung des hinteren Schenkels der inneren Kapsel beim Kaninchen trat in dem medialen Kniehöcker, sowie in dem Brachium des hinteren Vierhügels noch stärkere Atrophie hervor, als bei Entfernung des Schläfenlappens; zugleich fand sich das hintere Vierhügelganglion im Zustande vorgeschrittener Atrophie.

*Oseretzkowsky* sah unlängst nach Zerstörung des Schläfenlappens ebenfalls starke Atrophie des medialen Kniehöckers und des Brachium posterius auftreten.

Über die Verbindungen der Hörsphäre des Schläfenlappens mit den tieferliegenden Teilen sind neuerdings in meinem Laboratorium von *Larionoff* systematische Untersuchungen ausgeführt worden, und zwar an Hunden mit Anwendung der *Marchi*-Methode. Diese Untersuchungen bestätigen vollauf den Verlauf der Gehörbahnen vom hinteren Vierhügel und vom medialen Kniehöcker zu der Rinde der Temporalwindungen. Doch zeigte sich, dass die Gehörbahnen nicht nur mit der 3. Windung (entsprechend dem Gyrus temporalis I des Menschen) in Verbindung stehen, sondern auch mit der vierten und dem hinteren-unteren Teile der zweiten Windung, was der durch Experimente festgestellten Anordnung der Tonskala in der Schläfenrinde dieses Geschöpfes entspricht. Im Hemisphäreninnern verläuft die Gehörbahn nach *Larionoffs* Befunden von den genannten Windungen nach oben und innen und etwas nach vorne an der lateralen sowohl, wie an der

*) *Ferrier* und *Turner* verfolgten mittelst der Degenerationen den Ramus cochlearis des Gehörnerven durch das Corpus trapezoideum, die Oberoliven, den kontralateralen hinteren Vierhügel und das Corpus geniculatum internum zur oberen Schläfenwindung.

**) Archiv f. Psychiatrie 1882 Bd. XII Heft 3 und 1891 Bd. XXII Heft 3.

medialen Fläche des Hinterhorns zu dem hinteren Ende des Putamens des Linsenkerns und begiebt sich sodann zu dem hinteren Teil der Regio hypothalamica, von wo sie zwischen Tractus opticus und Thalamus in den medialen Kniehöcker, in das hintere Vierhügelganglion und in die laterale Schleife eindringt. In einzelnen Fällen ist es *L.* sogar geglückt, die Degeneration in den Trapezkörper hinein bis an die Wurzeln des Nervus cochlearis zu verfolgen, doch trat sie hier bereits in schwächerer Form auf.

Ausserdem verfolgte *L.* grobe entartete Bündel von den beschädigten Schläfenwindungen (Hörsphäre) nach oben, innen und etwas nach vorne längs dem oberen Rande des Putamen und durch die Capsula interna zu dem hinteren Teile der Sehhügel, sowie zum Gebiete der hinteren Kommissur, in das hintere Längsbündel bis zur Nähe des *Deiters*schen und *Bechterew*schen Kerns und in den vorderen Kleinhirnschenkel.

Nach den entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen von *P. Flechsig**) an foetalen und kindlichen Hirnen verlieren sich die in der Fortsetzung des Ramus cochlearis liegenden Fasern des Brachium posterius teils in dem medialen Kniehöcker, teils ziehen sie an diesem vorbei, indem sich ihnen im weiteren Verlaufe Fasern aus dem medialen Kniehöcker hinzugesellen. Beide erheben sich sodann hinter dem Sehhügel zu der Capsula interna, die sie auf ihrem Wege zum Schläfenlappen in Gestalt zweier Bündel durchschneiden, von welchen das eine in der Nähe der Capsula externa verläuft und sich der Hörsphäre von hinten und oben nähert, das andere, eine Strecke weit zusammen mit den Opticusbahnen längs der lateralen Wand des Hinterhornes des Seitenventrikels sich hinziehend, von unten und hinten um die Fissura Sylvii biegt und im Schläfenlappen selbst längs der 2. und 3. Windung zu den Gyri transversi emporsteigt. Als Hauptendigungsstätten des Nervus cochlearis erscheinen nach *P. Flechsig* die in der Fossa Sylvii verborgenen Teile des Gyrus temporalis primus, welche vordere und hintere quere Schläfenwindung genannt werden und den hinteren Abschnitt der Insula Reilii bilden.

Läsionen im Bereiche des Schläfenlappens führen ausser Degeneration der temporo-occipitalen Brückenbahn in der Regel zu sekundärer Atrophie des medialen Kniehöckers. In einigen Fällen konnte ein degenerierter Faserzug von der oberen Schläfenwindung bis zu dem atrophischen Kniehöcker in ganzer Ausdehnung verfolgt werden. Zuweilen erstreckt sich die Degeneration bezw. Atrophie auf das Brachium posterius und das distale Vierhügelganglion**). *Mocli* meldet neuerdings

*) Gehirn und Seele. Leipzig 1896.

**) S. besonders die Fälle von *v. Monakow* (Corresp.-Bl. f. Schweiz. Ärzte XX, 1890 u. Arch. f. Psych. XXI, 1889), von *Mahaim* und von *Zacher* (Arch. f. Psych. XXII, 1891).

einen Fall von recenter Herderkrankung des Schläfenlappens, wo ausser Veränderungen im Thalamus und in der Gitterschicht und einem gewissen Faserschwund im roten Haubenkerne Atrophie des medialen Kniehöckers und solche von Fasern aus dem hinteren Vierhügel zur Beobachtung gelangte. Auch der Trapezkörper erschien atrophisch, dagegen liess sich zwischen den Acusticuskernen beider Seiten kein

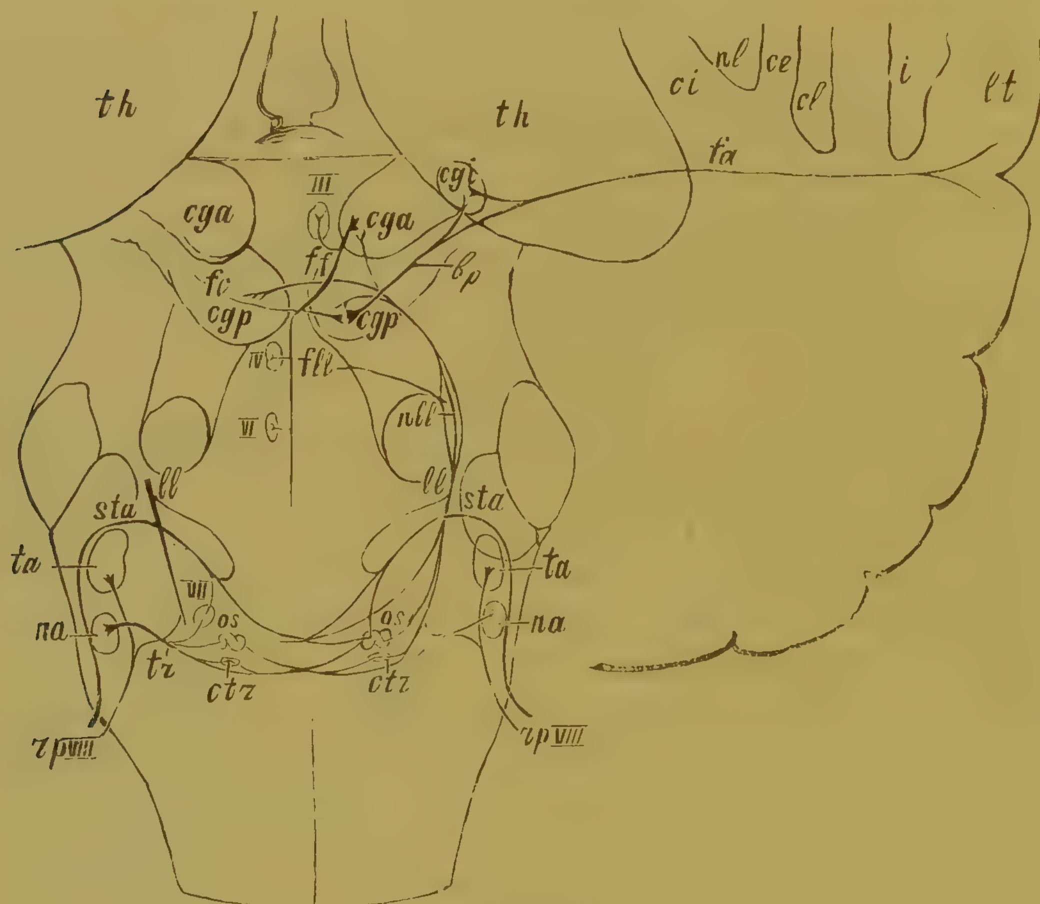



Fig. 492.

Die hintere Acusticuswurzel und ihre centralen Leitungsbahnen. Schematisch dargestellt. *rpVIII* hintere Acusticuswurzel; *na* Nucl. anterior; *ta* Tuberc. acusticum; *tr* Trapezkörper; *ctr* Trapezkern; *VII*, *III*, *IV*, *VI* Kerne der entsprechenden Gehirnnerven; *sta* Striae acusticae *Monakow*; *ll* laterale Schleife; *nll* Kern derselben; *fll* Faserzug aus *nll*, medianwärts auf die andere Seite ziehend; *cgp* hinterer, *cga* vorderer Vierhügel; *bp* Brachium posterius; *cgi* hinterer oder medialer Kniehöcker; *fa* Gehörbahn innerhalb der Endhirnhemisphären; *fc* Faserzüge aus dem hinteren Vierhügelganglion, über dem Aquaeductus kreuzend; *ff* Bahnen aus der vorderen Vierhügelgegend, in dem tiefen Mark dieses Vierhügels herabsteigend und zwischen den roten Kernen die fontänenartige Kreuzung bildend; *th* Sehhügel; *ci* Capsula interna; *nl* Linsenkern; *cl* Claustrum; *i* Insula Reilii; *lt* Temporalwindungen (Gegend des Gehörcentrums).

Unterschied wahrnehmen. Hiernach würde auch das hintere Vierhügelganglion, und zwar nicht nur durch das Bindeglied des medialen Kniehöckers, sondern in direkter Weise mit dem Lobus temporalis verbunden sein (Fig. 492).

Beim Hunde führt Entfernung des kortikalen Gehörcentrums im Schläfenlappen, wie Untersuchungen (*Marchi*-Methode) in meinem Laboratorium gezeigt haben, ebenfalls zu Faserdegeneration in dem

medialen Kniehöcker, im Gebiete des Brachium posterius, des hinteren Vierhügels, der lateralen Schleife und der Akustikuskerne beider Seiten. Die Ausdehnung der Faserentartung in den Akustikuskernen erscheint dabei beiderseits gleich gross, woraus folgt, dass die Anzahl der nichtkreuzenden Fasern der centralen Gehörbahn eine ziemlich beträchtliche ist.

Unaufgeklärt sind die Beziehungen des Nervus vestibularis zu der Gehörsphäre. Da die centrale Fortsetzung dieses Nerven in dem vorderen

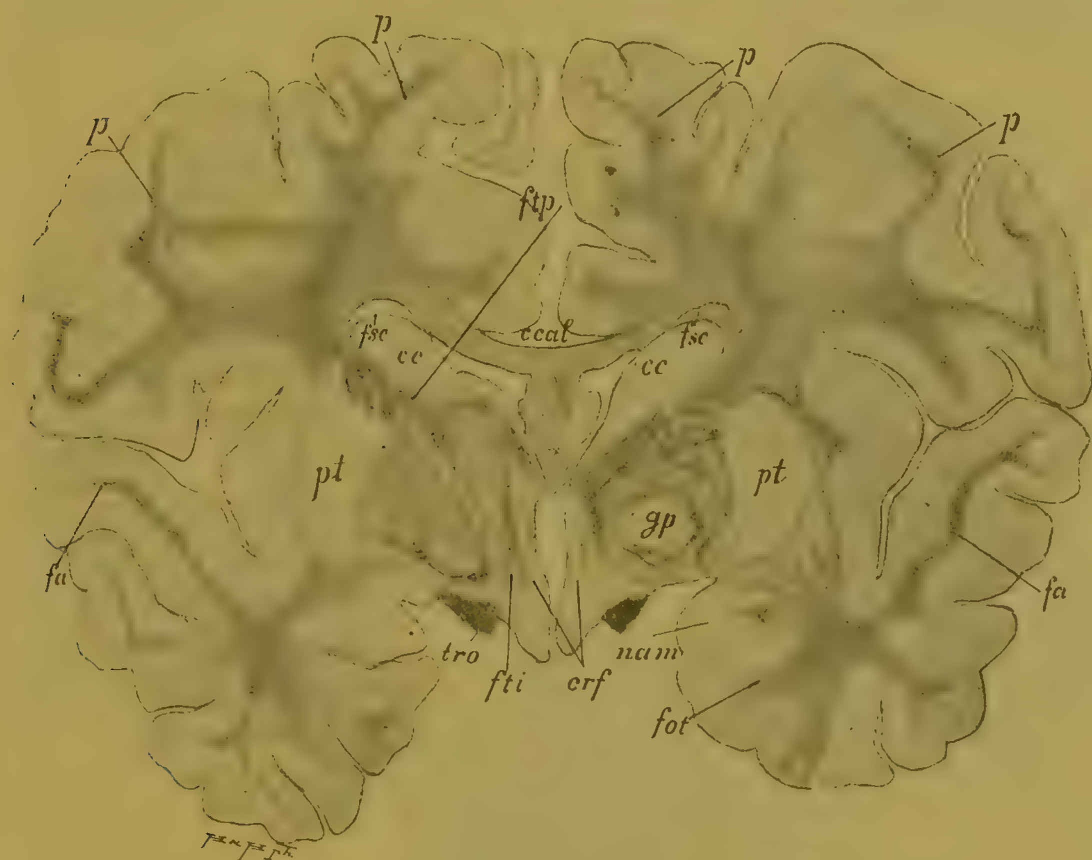



Fig. 493.

Frontalschnitt durch das Gehirn eines $4\frac{1}{2}$ monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *Pal*sche Methode. *cc* Corpus caudatum; *pt* Putamen des Linsenkerns; *ccal* Corpus callosum; *tro* Tractus opticus; *nam* Nucleus amygdaliformis; *p*, *p*, *p*, *p* Pyramidenfasern aus dem motorischen Rindenfelde ausstrahlend; *ftp* parietaler Thalamusstabkranz; *fti* Faserzüge des unteren Thalamusschenkels; *fa* Acusticusfasern, der Rinde der oberen Schläfenwindung sich nähernd; *fot* Faserzüge aus dem Ammonshorne und dem Mandelkerne zum Thalamus; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ff* Fornix; *crf* Crura fornicis; *gp* Globus pallidus.

Kleinhirnschenkel, in der Schleife und im hinteren Längsbündel, die mit dem Thalamus im Zusammenhange stehen, zu suchen sind, so setzt vielleicht eine kleine Anzahl der den Thalamus mit dem Schläfenlappen verbindenden Fasern den Ramus vestibularis mit der Hörsphäre in Beziehung. Jedenfalls sind direkte Verbindungen hier nicht nachweisbar.

Von den Rindenbahnen der basalen grauen Kerne zeichnen sich diejenigen der Thalami durch besondere Mächtigkeit aus.

Diese Stabkranzfasern des Thalamus strahlen in ungeheuren

Massen von der lateralen Seite her in das Ganglion ein (Fig. 504 u. 505). So erhält die der inneren Kapsel zugewendete Fläche des letzteren ein gitterartiges Aussehen (Stratum reticulatum). Die starken Bündel der Corona radiata werden auch als Thalamusschenkel aufgeführt. Man unterscheidet einen proximalen, einen mittleren, einen distalen und einen unteren oder medialen Schenkel des Sehhügels.

Die Elemente des vorderen Schenkels, mit dem Nucleus anterior thalami verbunden, ziehen durch den vorderen Teil der inneren Kapsel zum Stirnlappen des Endhirns (Fig. 493 *ftp*). Einen schmächtigen Faserzug erhält der Thalamus aus dem Bulbus olfac-

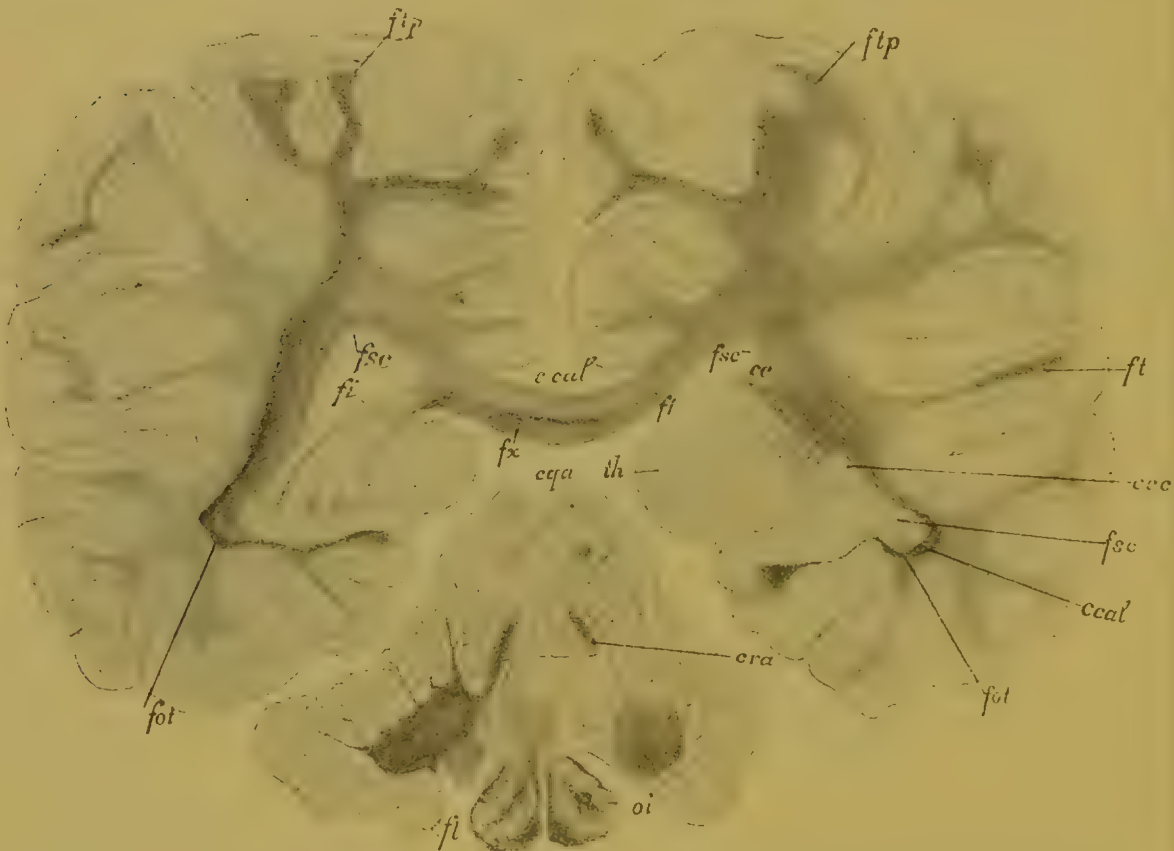



Fig. 494.

Schnitt durch den hinteren Teil des Thalamus von einem 4½ Monate alten Kinde. Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *oi* untere Olive; *fl* Pedunculus flocculi; *cra* Pedunculus cerebelli anterior; *cqa* vorderer Vierhügel; *th* Thalamus; *fx* Fornix; *fi* Fimbria; *fsc* Fasciculus subcallosus; *cc* Corpus caudatum; *ccal* Corpus callosum; *fot* Thalamusbündel zum Ammonshorn; *ccc* Schwanz des Nucleus caudatus.

torius (*Obersteiner*); derselbe soll in sagittaler Richtung gegen die Basis des Ganglions verlaufen und sich von jenem Teil der Riechbahn abzweigen, der in die vordere Kommissur eintritt.

Der mittlere Schenkel steht mit der Rinde der Parietalwindungen im Zusammenhange (Fig. 494 *ftp*). Seine Bestandteile gelangen durch die Capsula interna von aussen her zum Thalamus. In dieser Gegend erreicht letzteren ein Faserzug aus dem Subiculum cornu Ammonis (Fig. 494, 495, 497 *fot*, Fig. 458 und 501 *fot*).

Die Fasern des hinteren Thalamusschenkels verlaufen in Gesellschaft der Bahnen des lateralen Kniehöckers und des vorderen Vierhügels zur Rinde des Occipitalhirns (Fig. 498—500). Ein Teil derselben hilft das im folgenden noch näher zu beschreibende Stratum zonale thalami bilden.

Der untere Schenkel endlich (Fig. 493 *fti*, Fig. 505 *fit*) verläuft in dem basalen Abschnitt des Thalamus lateral von den Pedunculi fornicis in sagittaler Richtung. Seine Fasern biegen in der Folge um die Hirnschenkel da, wo letztere in die Hemisphären eintreten und erzeugen so die Hirnschenkelschlinge (Ansa peduncularis), worauf sie

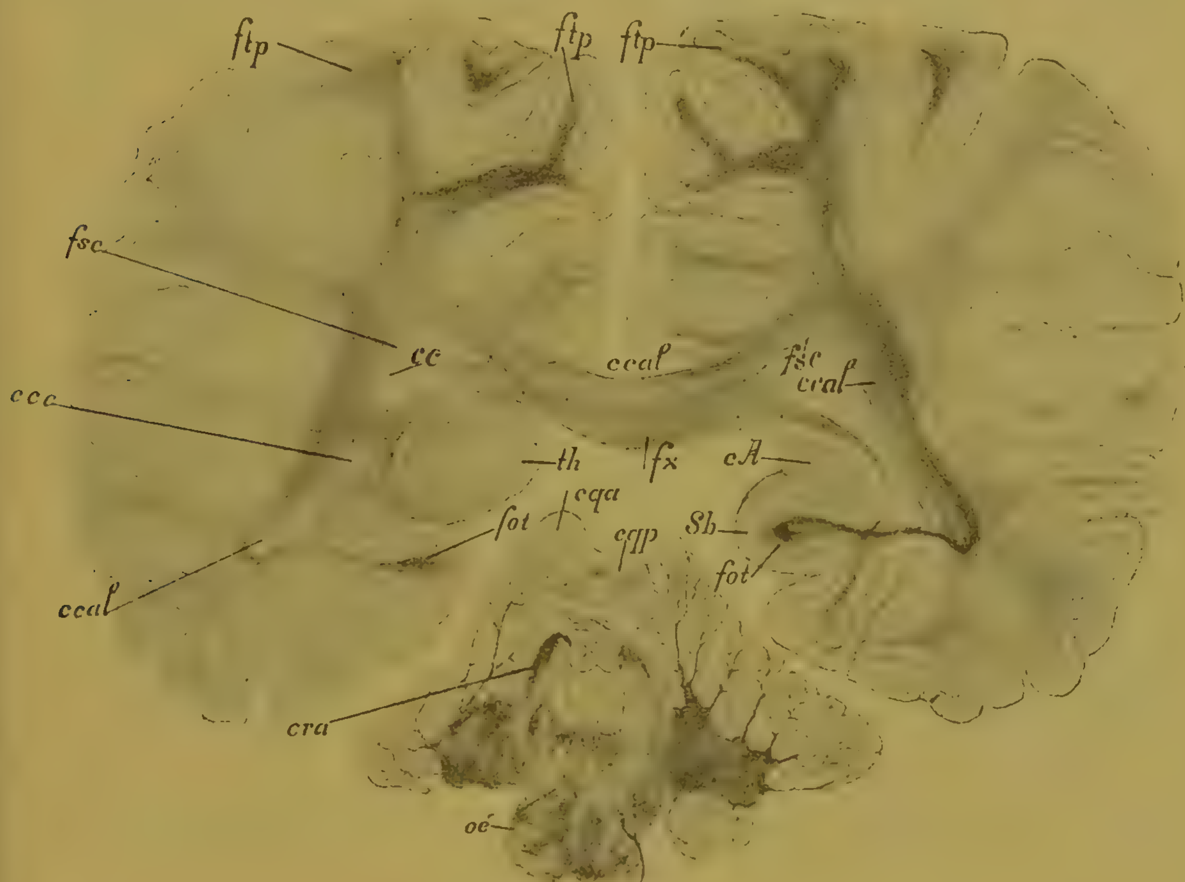



Fig. 495.

Aus dem Gehirn eines $4^1/_2$ Monate alten Kindes. Der Schnitt liegt rechts unmittelbar hinter dem Sehhügel, links in dessen hinterem Teile. *oi* grosse Olive; *cra* vorderer Kleinhirnschenkel; *cqa* vorderer, *cqp* hinterer Vierhügel; *th* Thalamus; *fot* Thalamusbündel des Ammonshornes; *fx* Gewölbe; *cA* Ammonshorn; *Sb* Subiculum; *ccal* Corpus callosum; *ftp* Stabkranz zum Thalamus aus dem Parietallappen; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ccc* Schwanz des Nucl. caudatus.

sich unter dem Linsenkern hinweg zur Temporalgegend begeben und in bogenförmigem Zuge längs der Wand des Unterhorns die vorderen Teile des Cornu Ammonis erreichen. Ein Teil der thalamo-temporalen Fasern verläuft, wie wir sahen, über dem Linsenkern durch die innere Kapsel (*Larionoff*). Einige dieser Fasern gehen zweifellos in das Stratum zonale über.

Die Gürtelschicht (Stratum zonale) des Sehhügels bildet an dessen oberer Fläche einen kaum 1 mm dicken Markbelag. Ihre Fasern,

grösstenteils von antero-posteriorer Verlaufsrichtung (Fig. 496 *strz*), stammen aus dem hinteren und unteren Thalamusschenkel, aus dem lateralen Bündel der Tractus optici, dessen Elemente durch den lateralen Kniehöcker hierher gelangen, endlich aus Fasern der Taenia thalami und der Pedunculi conarii.

Auf die reflectorische Natur der Thalami, auf ihre Bedeutung für das Zustandekommen der Affektbewegungen oder Psychoreflexe und für die Innervation der inneren Organe ist schon an einem früheren Orte hingewiesen worden. Es sind ferner Faserzüge derselben zu den




Fig. 496.

Aus dem Gehirn eines 3monatigen Kindes. *Pal*sche Methode. *th* Thalamus; *fx* Fornix; *c.cal* Corpus callosum, bereits mehr als zur Hälfte markhaltig; *fl* Fornix longus; *strz* Stratum zonale; *ci* Capsula interna; *gp* Globus pallidus; $V_{III}$ Ventriculus tertius.

Seitensträngen des Rückenmarkes, andere solche zur Formatio reticularis verfolgt worden. Augenscheinlich steht also die Mehrzahl der thalamo-kortikalen Bahnen im Dienste jener unwillkürlichen Bewegungserscheinungen. Abtragung verschiedener Rindengebiete bedingt zudem absteigende Degeneration dieser Bahnen und zugleich auffallende Atrophie der Thalamuskerne.

Nach *v. Monakows* wertvollen Befunden ist die Anzahl der Thalamuskerne eine grössere, als man glauben sollte; er unterscheidet nämlich ein Tuberculum anterius, einen Nucleus lateralis, einen Nucleus medianus und medialis, die ihrerseits wiederum in kleinere Kerne zerfallen, ferner ein ventrales Grau mit einem disto-lateralen, einem centralen, einem medialen (schalenförmigen) und einem vorderen Kern. Zwischen beiden Kniehöckern, ventral vom Pulvinar, ist schliesslich, be-

sonders bei Tieren, ein hinterer Kern gut ausgeprägt. Gestützt auf Ergebnisse experimenteller Rindenläsionen bei neugeborenen und erwachsenen Geschöpfen vermochte der Genannte folgende Sätze aufzustellen. Es steht in Zusammenhang: 1. Die Gruppe der vorderen Thalamuskerne (Tuberculum anterius) bei Tieren mit dem vorderen Fünftel des Gyrus suprasylvius und dessen nächster Umgebung, bei dem Menschen mit dem medialen Teile der oberen Stirnwindung und dem Lobulus paracentralis; 2. die Gruppe der medialen Thalamuskerne mit der Rinde vor dem Gyrus sigmoideus bei Tieren, mit der II. und III. Stirnwindung und den vorderen Inselwindungen bei dem Menschen; 3. die lateralen Talamuskerne bei Tieren mit der Parietalrinde, beim Menschen vorzugsweise mit den Centralwindungen; 4. die ventralen bezw. unteren Thalamuskerne, welche Faserzüge aus den Hinterstrangkernen und aus der Substantia gelatinosa aufnehmen, mit dem hinteren Abschnitte des Gyrus sigmoideus, dem vorderen Drittel des Gyrus coronoideus und dem Gyrus ectosylvius bei Tieren, mit dem Operculum im Gebiete der Centralwindungen und dem Gyrus supramarginalis bei dem Menschen; 5. die hinteren Thalamuskerne beim Menschen mit der Rinde des

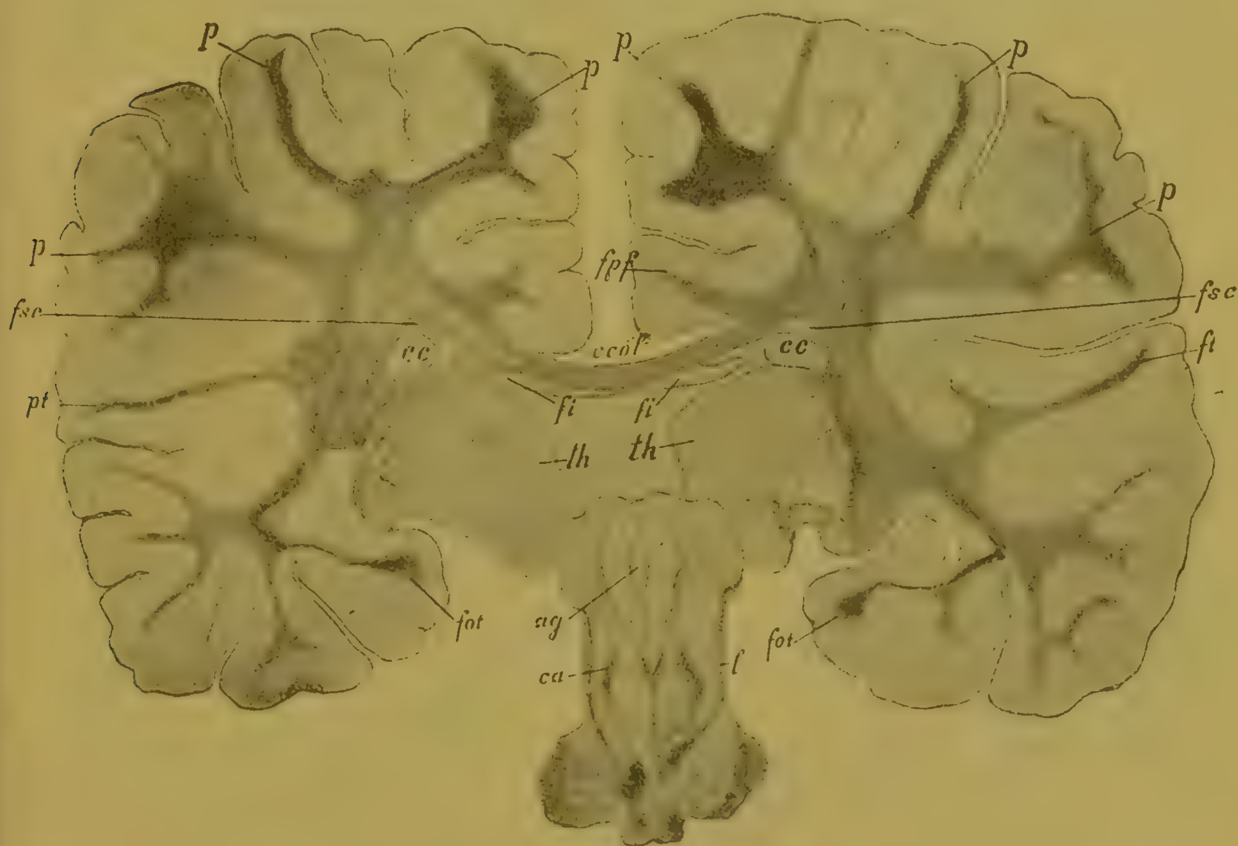



Fig. 497.

**Durchschnitt des Gehirnes eines $4^1/_2$ monatigen Kindes.** Nach einem Präparate von *W. Reimers.* Behandlung mit der *Pal*schen Methode. *l* Schleife; *ca* vorderer Kleinhirnschenkel; *aq* Aquaeductus Sylvii; *th* Thalamus; *ce* Schwanz des Nucl. caudatus; *ccal* Corpus callosum; *fsc* Fasciculus subcallosus; *fi* Fimbria; *p*, *p*, *p*, *p* Pyramidenbahnen bei ihrem Austritt aus der motorischen Rindenzone; *pt* Faserzüge aus dem Facialiscentrum; *ft* Acusticusfasern, der Rinde der oberen Temporalwindung sich nähernd; *fot* Faserzüge aus dem Ammonshorne zum Sehhügel.

Gyrus temporalis II und der Gyri temporo-occipitales. Der Abhängigkeit des Pulvinar von der Sehsphäre ist bereits gedacht worden.

Zu einem weiteren Einblick in die Beziehungen der Sehhügel zur Endhirnrinde dienten *v. Monakow* drei interessante Fälle veralteter kortikaler Herderkrankungen mit konsekutiver Degeneration des Stabkranzes und des Hirnschenkels und Zellatrophie in den basalen Ganglien. Eine eingehende Analyse der hierbei gewonnenen Befunde lässt jenes allgemeine Prinzip der Korrelation zwischen Hirnrinde einerseits, Thalamuskernen und Mittelhirnganglien andererseits auch bei dem Menschen hervortreten. *v. Monakow* unterwirft sodann die Lokalisation der verschiedenen subkortikalen Centra in der Hirnrinde einer genauen Untersuchung und stellt für die Thalami folgendes Schema auf. Die mehr




Fig. 498.
Frontalschnitt des Lobus occipitalis eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes. *cc* Corpus callosum; *v* Hinterhorn des Seitenventrikels. *Pal*sche Methode.




Fig. 499.
Durchschnitt des Occipitalhirns eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes, hinter dem vorhergehenden. Nach einem *Pal* von *F. Teljatnik*. *c* Fissura calcarina; *fv* Opticusbahn.

frontal und einwärts gelegenen Thalamusteile sind mit dem Stirnlappen verbunden, die lateralen Zellgruppen mit den Parietalwindungen, die ventralen Kerne mit dem Operculum, die distalen, nämlich das Corpus geniculatum laterale und das Pulvinar mit dem Lobus occipitalis, der mediale Kniehöcker und der hintere Thalamuskern mit den Gyri temporales.

Über die Korrelation zwischen verschiedenen Abschnitten der Endhirnrinde und den einzelnen Thalamuskernen liegen auch aus meinem Institute bestätigende Untersuchungen von *Shukowsky*, *Teljatnik*, *Trapeznikoff*, *Lazursky* und Anderen auf Grundlage experimenteller

Rindenabtragung mit nachträglicher Anwendung der *Marchi*-Methode vor. Man wird nach allem die genannten Kerne als eine assoziierte Gruppe der gleichen Aufgabe dienender Centra zu betrachten haben. Nach *Larionoffs* in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen kommt nach Zerstörung latero-distaler Hemisphärenteile, z. B. der

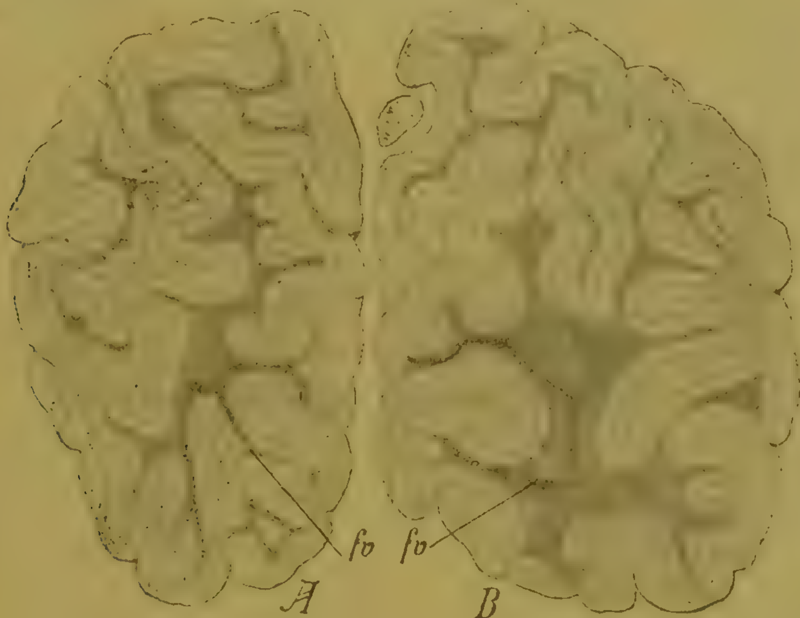



Fig. 500.

Frontalschnitt des Occipitallappens eines $4^1/_2$ monatigen Kindes. Nach Präparaten von *W. Reimers*. Der Schnitt *A* entspricht einer distaleren Ebene. *Weigert*sche Methode. *fv* Sehstrahlung.

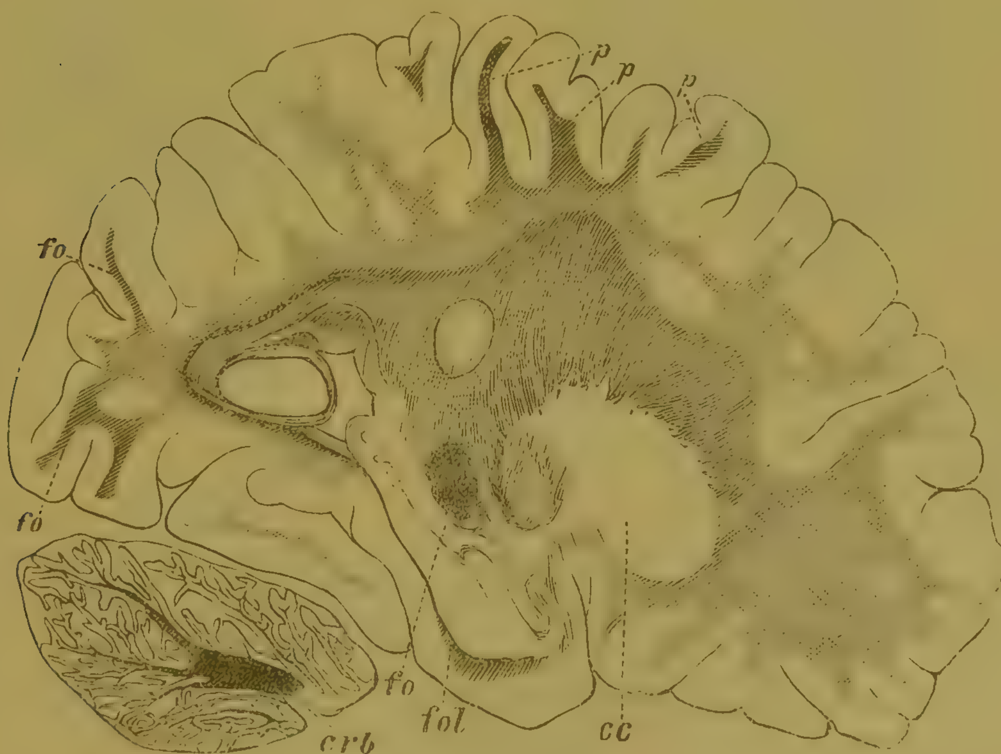



Fig. 501.

Sagittaler Vertikalschnitt in der Nähe der medialen Hemisphärenfläche von einem 7 Monate alten Kinde. Nach einem *Pal* von *W. Reimers*. *fo, fo* Opticusbahn; *fol* Fasciculus cornu Ammonis; *crb* Kleinhirn; *cc* Corpus caudatum; *p, p, p* Pyramidenbahn.

Regio temporalis bezw. temporo-occipitalis konstant Degeneration von Zonalfasern des Thalamus, der Pedunculi conarii und der hinteren Hirnkommissur zur Beobachtung. Ebenso führen Beschädigungen im hinteren Teile der lateralen Stirnlappenfläche gemäss den in meinem Laboratorium gewonnenen Befunden von *Jürmann* zu Degeneration der Pedunculi conarii und der Commissura posterior.

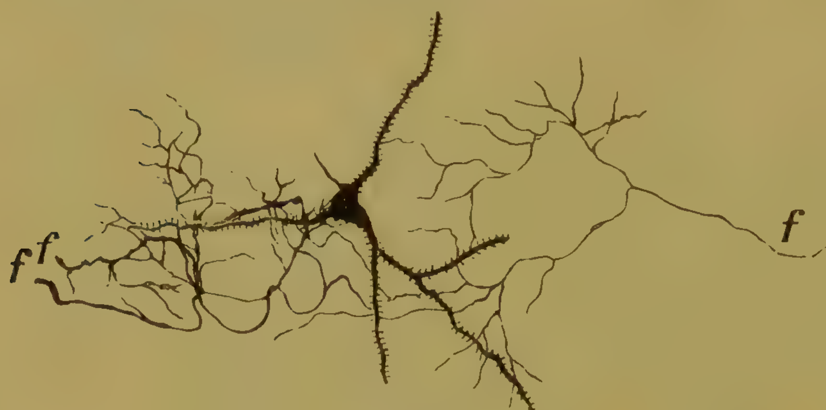



Fig. 502.
Eine Nervenzelle aus dem distalen Abschnitt des Thalamus. Die Fasern *f*, *f*, *f* verästeln sich in der Umgebung der Zelle.

Mittelst der *Marchi*-Methode lassen sich die Degenerationen nach Rindenbeschädigungen durch die Thalami manchmal zu tieferliegenden

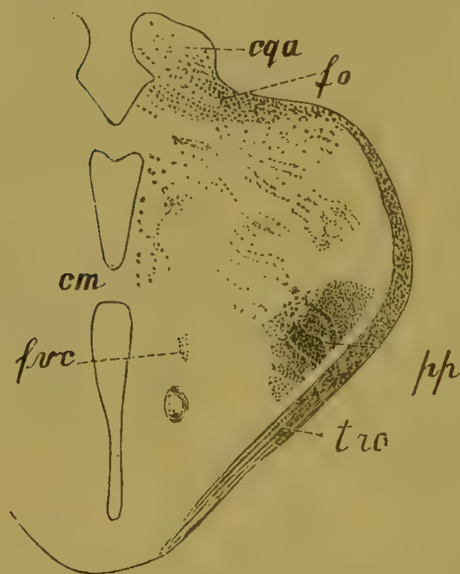



Fig. 503.
Durchschnitt im vorderen Teil des Corpus quadrigeminum anterius vom Hunde nach Zerstörung des kortikalen Schluck- und Kaucentrums. Nach einem Präparat von *A. Trapeznikoff*. *cm* vordere Kommissur; *cqa* vorderer Vierhügel; *fvc* Fasciculus thalamomammillaris; *pp* Hirnschenkel; *tro* Tractus opticus. Methode von *Marchi*.




Fig. 504.
Durchschnitt im mittleren Teile des Thalamus von dem Gehirn der Fig. 503. Nach einem Präparat von *A. Trapeznikoff*. *fth* Thalamusfaserung; *p*, *p* Hirnschenkel, degeneriert; $V_{III}$ dritter Ventrikel. Methode von *Marchi*.

Teilen der Formatio reticularis verfolgen. Nach Entfernung des kortikalen Atmungscentrums im hinteren Teile des Stirnlappens erfasst die Degeneration nicht nur das Gebiet des Sehhügels, der Substantia nigra, des Corpus subthalamicum und der Pyramidenbahn, sondern begiebt sich, wie ich an Präparaten von Dr. *Shukowski* erkenne, durch den

medio-distalen Abschnitt des Thalamus in die fontänenartige Kreuzung und senkt sich längs dem dorsomedialen Teile der Formatio reticularis und dem hinteren Längsbündel zu den grossen Kernen der Formatio reticularis abwärts, um schliesslich den Nucleus respiratorius zu erreichen. Andererseits steigt die Degeneration durch den medialen Kniehöcker und den hinteren Abschnitt des Sehhügels in den in Rede stehenden Fällen zum hinteren Bindearm abwärts, wendet sich darauf durch den hinteren Vierhügel zu der lateralen Schleife und strebt aus dem Kern der letzteren der Region des Nucleus medianus zu. In den genannten Fällen wurde auch Faserdegeneration im Gebiete der absteigenden Quintuswurzel auf beiden Seiten beobachtet.

In Beziehung auf die Richtung der thalamokortikalen Bahnen zeigen *Golgi*sche Untersuchungen, dass Stabkranzfasern im Thalamus um Nervenzellen hierselbst mit Endpinseln frei aufhören (Fig. 502), dass es sich also vorwiegend um absteigende Systeme handele. Zu dem gleichen Ergebnis führen Degenerationsversuche, indem der Thalamusstabkranz für gewöhnlich in absteigender Richtung entartet (Fig. 503, 504). Doch fehlt es zweifellos nicht an Bahnen, welche von den Sehhügeln zur Rinde aufwärts ziehen*). Als solche sind zunächst zu nennen die Fortsetzungen im Thalamus endigender Schleifenfasern. Ausserdem scheinen durch die Thalami noch andere aufsteigende Bahnen hindurchzugehen. Nach Beschädigungen der Formatio reticularis in der Brücken- und Hirnschenkelgegend verfolgten *Ferrier* und *Turner* aufsteigende Faserdegeneration durch die innere und äussere Kapsel in das Centrum semiovale




Fig. 505.
Die Faserung vom Linsenkern und Thalamus zur Endhirnrinde. Schema. *pt* Putamen des Linsenkerns; *gp* Globus pallidus; *cs* Schweifkern. Sonstige Bezeichnungen bei Fig. 457.

*) Die Ansicht *v. Monakows*, der grösste Teil der Thalamuskerne sei Ursprungsstätte von Rindenbahnen und zugleich Endstätte dem tieferliegenden Grau entstammender Faserzüge, müsste jedenfalls noch weiter begründet werden.

und zur Rinde der äusseren Hemisphärenoberfläche und des Gyrus fornicatus. Die aufsteigenden Systeme breiteten sich in den Stirnlappen und in anderen Teilen der Hemisphäre aus. Einige der Haubenfasern durchsetzen den Thalamus, ohne in ihm zu endigen, andere hören in den Ganglien desselben auf. Es führt daher Zerstörung der lateralen und ventralen Teile des Sehhügels zu ausgedehnterer aufsteigender Degeneration, als Beschädigung der Haube. *Ferrier* und *Turner* bestätigen auch das Vorhandensein sekundärer aufsteigender Systeme vom Thalamus zu den Centralwindungen, zum Sichellappen, zum Stirnhirn und zum Gyrus fornicatus. Ausser motorischen Aufgaben müssen die Thalami somit als Etappe einer centripetalen Leitung dienen, ein Satz, der nicht nur mit den erwähnten Beziehungen zur Schleife gut übereinstimmt, sondern auch mit dem ganzen physiologischen Verhalten des Ganglions in bestem Einklange steht.*)

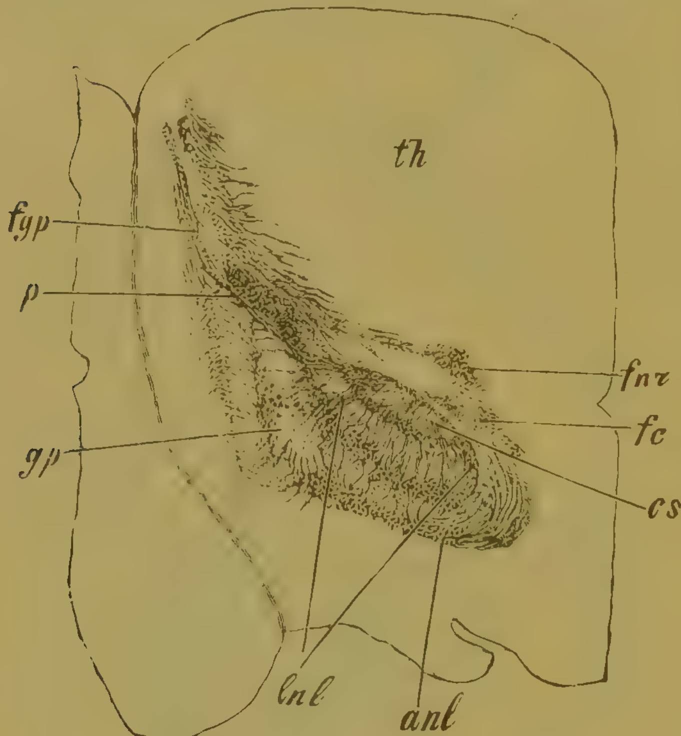



Fig. 506.
**Schnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen.** *th* Thalamus; *gp* Globus pallidus; *cs* Corpus subthalamicum; *fgp* Rindenbahn des Globus pallidus; *p* Pyramidenbahn; *lnl* Fortsetzung von Schleifenfasern, aus dem Corpus subthalamicum zum Globus pallidus hinziehend; *anl* Linsenkernschlinge; *fnr* Faserzüge aus dem roten Kern, nach und nach in die basalen Teile des Sehhügels eintretend; *fc* Faserzüge aus dem roten Kern, auf ihrem Wege zur inneren Kapsel und zum Linsenkern.

Der Linsenkern, das zweitgrösste Ganglion der Hirnbasis, besitzt ebenfalls unmittelbare Verbindungen mit der Hemisphärenoberfläche. In der umstehenden Fig. 505 sieht man den Faserzug *fl* von den beiden medialen Gliedern des Kerns oder dem Globus pallidus zur Rinde hinaufsteigen. Da derselbe kurz vor der Geburt markweiss wird, so ist er an dem Hirn unreifer Neugeborener, wo das übrige Hemisphärenmark noch myelinfrei erscheint, leicht darstellbar. Nach Ansicht *Edinger*s nimmt der Faserzug Anteil an der Bildung der Laminae medullares und soll nach dem Durchtritt durch letztere unmittelbar in die Schleife der Hirnschenkelhaube übergehen.

*) Einige Fasern des Thalamus gelangen nach *Ferrier* und *Turner* in dem Balken zur Kreuzung. Damit stimmen überein die Befunde von *Hamilton*, denen zufolge der Balken nicht nur Kommissurenfasern, sondern auch kreuzende Elemente enthält (s. weiter unten).

Es kann nun wohl die Möglichkeit, dass ein Teil der Schleife von den Keilstrangkernen kontinuierlich zur Rinde emporsteige, nicht von der Hand gewiesen werden. Doch haben in meinem Laboratorium angestellte Versuche mit Zerstörung der Dorsalstrangkerne und konsekutiver Schleifendegeneration auch bei Anwendung der *Marchi*-Methode keine positiven Ergebnisse nach diesen Richtungen hin zu erzielen vermocht. Auf der anderen Seite steht der Annahme nichts im Wege, dass jene Rindenbahn des Linsenkerns im Globus pallidus selbst bezw. in den zwei medialen Gliedern des Kerns ihren Ursprung habe, wenigstens sind die Verhältnisse, wie sie an dem Gehirn unreifer Neugeborener




Fig. 507.
**Sagittalschnitt des Kaninchengehirns etwas lateral von der Mittellinie. Nach *v. Kölliker* und *Edinger*.**

entgegentreten, in diesem Sinne zu deuten. Was den Verlauf der Bahn betrifft, so wendet sie sich gleich im Beginne als kompakter Strang etwas lateralwärts, entsprechend der Linie des medialen Linsenkernrandes, und strebt sodann in leicht nach innen gerichtetem Bogen der Rinde der Parietal- und Centralwindungen zu.

In seinem Verhalten zu dem Rest des Linsenkerns, dem Putamen, und zum Schweifkern erscheint der Globus pallidus sozusagen als Zwischenstation, insofern als jene Ganglien durch ihn mit entlegeneren distalen Hirnteilen in Verbindung gelangen. Von dem Putamen gehen nämlich einerseits zahlreiche Fasern zu der Gegend des ersten und zweiten medialen Linsenkerngliedes (Fig. 505 u. 506), andererseits sendet das Corpus caudatum, die natürliche Fortsetzung jenes,

durch den vorderen Schenkel der Capsula interna Faserzüge zu diesen (s. unten). Die Bahnen des Corpus subthalamicum zum Globus pallidus haben bereits Erwähnung gefunden. Dass die Thalami mit letzterem durch starke Fasermassen, die besonders an der Basis der Capsula interna quer durchtreten, verbunden sind, ist gleichfalls gezeigt worden.

Von sonstigen Rindenverbindungen mit basalen Hirnstammganglien ist die Faserung des Fornix zu nennen. Das ansehnliche Fasersystem des Gewölbes, im wesentlichen aus dem lateralen Kern des Corpus mammillare beiderseits hervorgehend, wendet sich in Gestalt der mächtigen Columnae fornicis (Fig. 508)*) nach vorne-oben. Diese gelangen an der Vordergrenze der Sehhügel zum Seitenventrikel und

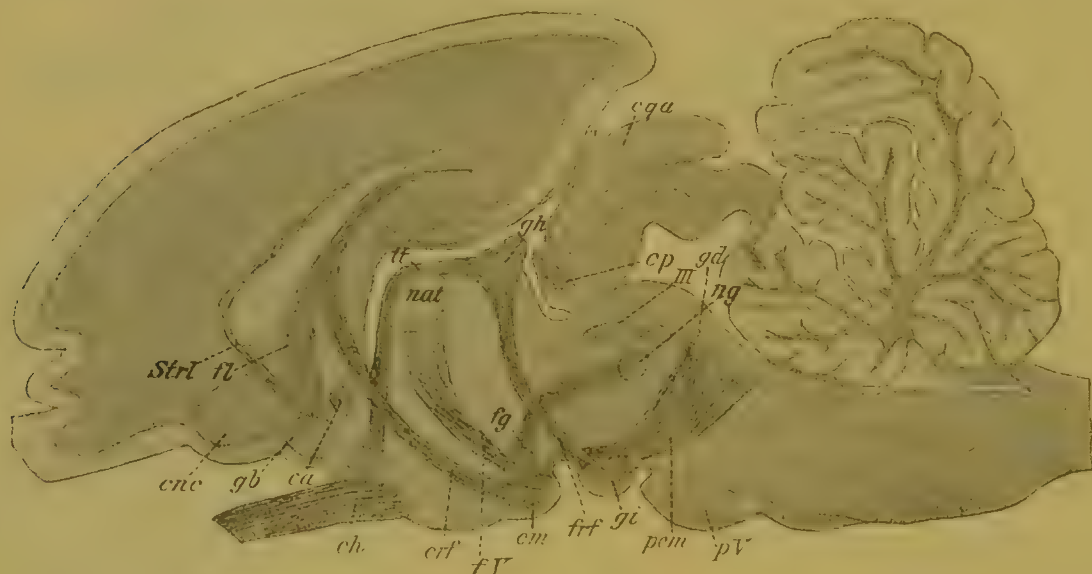



Fig. 508.

**Die Faserung des Gewölbes und der Taenia thalami beim Kaninchen.** Modifiziert nach *v. Kölliker*. *Strl* Striae Lancisii; *fl* Fornix longus; *cnc* Kopf des Streifenhügels; *gb* Ganglion basale; *ca* Commissura anterior; *ch* Chiasma; *nat* Nucleus anterior thalami; *crf* Crus fornicis; *fV* Fasciculus *Vicq d'Azyr*; *cm* Corpus mammillare; *fg* Fasciculus tegmentarius *Gudden*; *frf* Fasciculus retroflexus; *gi* Ganglion interpedunculare; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *pV* Pons Varolii; *tt* Taenia thalami; *gh* Ganglion habenulae; *cp* Commissura posterior; *III* Oculomotoriuskerne; *ng* *Gudden*scher Kern; *gd* Ganglion dorsale tegmenti; *cqa* Corpus quadrigeminum anterius.

krümmen sich über letzterem nach hinten und etwas lateralwärts zur Bildung des Gewölbes (Fig. 511 *fx*). Von hier ziehen sie, allmählich seitlich hinausrückend, nach unten, umbiegen den disto-lateralen Abschnitt der Sehhügel und treten als Fimbriae beiderseits in das Unterhorn des Seitenventrikels ein. Die Fimbriae aber endigen an der Spitze des Ammonshornes; sie nehmen die Faserung des Alveus und Teile der Fascia dentata Tarini in sich auf. Auf dem Wege zum Ammonshorn findet zwischen den medialen Bündeln der Fimbriae ein Faseraustausch statt: Psalterium (s. unten).

Die Fornixfaserung erscheint also deutlich als Bindeglied zwischen

---

*) Von *Gudden* und *Monakow* wird eine kleine gekreuzte hintere Fornixwurzel angenommen. Sie entspringt in dem centralen Grau (*Monakow*).

der Rinde des Ammonshornes und den Corpora mammillaria bezw. deren lateralen Kernen. Nach Hirnläsionen sah ich sie wiederholt in absteigende Degeneration übergehen, es handelt sich daher um eine absteigende Bahn.

Nach *v. Monakows* Versuchen stehen die Corpora mammillaria in Abhängigkeit von dem Uncus und der Ammonshornrinde. Als Fortsetzung der Gewölbebündel im Gehirnstamme erscheinen (*Gudden*) vor allem die Pedunculi corporis mammillaris, die sich, wie gewöhnlich angenommen wird, distalwärts bis zu einem kleinen Kern des centralen Grau hinter dem Trochleariskerne (Ganglion dorsale tegmenti *Gudden*, Fig. 508 *gd*; vgl. Fig. 507 u. 509) verfolgen lassen, in Wirklichkeit aber, wie aus meinen bezüglichen Präparaten hervorgeht, in meinem Nucleus medianus im Niveau des hinteren Vierhügels endigen. In neuerer Zeit meldet *S. de Sanctis*, gestützt auf einen Fall von Mikrophthalmie mit Atrophie der Corpora mammillaria und des Fornix, letzterer strahle mit der überwiegenden Mehrzahl seiner Fasern unter Bildung feiner

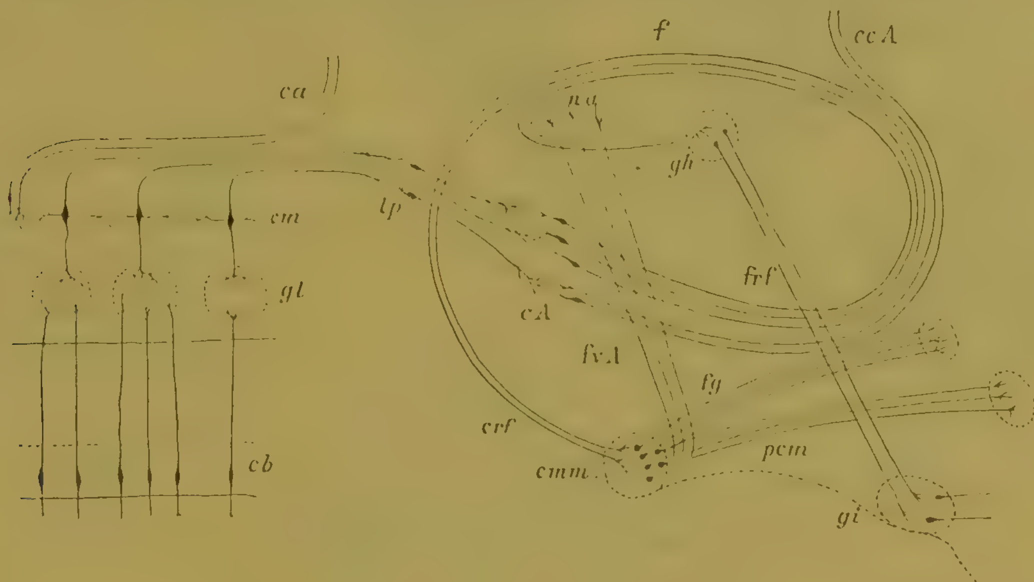



Fig. 509.

Die Olfactoriusbahn und ihr centraler Verlauf. Schema. *cb* Bipolarzellen; *gl* Glomeruli; *cm* Mitralzellen; *ca* Faserzüge zu der vorderen Kommissur; *lp* Lobus pyriformis; *cA* Cornu Ammonis; *na* Nucl. anterior thalami; *gh* Ganglion habenulae; *ccA* Commissura cornu Ammonis s. Psalterium; *f* Fornix; *fvA Vicq d'Azyr*sches Bündel; *crf* Crus fornicis; *fg* Fasciculus *Gudden*; *cmm* Corpus mammillare; *pcm* Pedunculus corporis mammillaris; *gi* Ganglion interpedunculare.

Geflechte in das Ganglion laterale ein, nur mit wenigen Fasern in das Ganglion mediale. Die Fornixfaserung habe nur zu den frontalen Abteilungen des Corpus mammillare Beziehungen. Ausserdem erzeuge sie den ventralen Markbelag dieses Gebildes und zwar vorzugsweise aussen, während sich innen das *Vicq d'Azyr*sche Bündel hier ausbreite. Mit letzterem ist sie an der Bildung der Wand zwischen beiden Corpora mammillaria beteiligt.

Es sind im Fornix mindestens zwei Arten von Fasern zu unterscheiden. Ein Teil der Fimbria entwickelt sich nämlich nicht gleichzeitig mit der Faserung des zum Corpus mammillare hinabsteigenden

Gewölbeschenkels. Die in der Fimbria aufsteigenden Fornixfasern verlaufen unzweifelhaft nicht in Gesellschaft der dem Corpus mammillare zustrebenden, sondern trennen sich von ihnen schon im Niveau des V. Ventrikels, um aller Wahrscheinlichkeit nach in die Taenia thalami überzugehen (Fig. 509).

Am Tiergehirn gelangt ein als Fornix longus (*Forel*) bekannter Faserzug zu guter Entwickelung. Bei dem Menschen ist derselbe von *Kölliker* und *G. Elliot-Smith* nachgewiesen worden (Fig. 496 *fl*), ein Befund, den ich auf Grundlage eigener Präparate von kindlichen Hirnen, wo der Fornix longus leicht darstellbar ist (Fig. 510), als zweifellos bestätigen kann. Sein Ursprung liegt nicht im Ammonshorne selbst, sondern in den anstossenden Teilen des Unterhornes, vor allem im Subiculum cornu Ammonis und im Gyrus fornicatus beider Seiten mit Kreuzung im Psalterium. Unmittelbar unter dem Corpus callosum gelegen steigt er zum Zwischenhirn herab und bildet das mediale Bündel der Crura fornicis.



Fig. 510.
**Durchschnitt aus dem Gehirn eines 3 Monate alten Kindes.** *Palsche* **Methode.** *c.cal* **Corpus callosum;** *fl* **Fornix longus;** *fn* **Fornix;** *th* **Thalamus.**

Verfolgt man die Fornixfaserung vom Corpus mammillare aufwärts, so gewahrt man, nachdem oberhalb der vorderen Kommissur neue Fasern aus der Stria medullaris thalami hinzugetreten, alsbald ein Auseinanderweichen derselben. Ein Teil, nämlich der distale, geht zur Fimbria, die übrigen in den Fornix longus eintretenden verlaufen unter den Ammonshörnern längs der ventralen Fläche des Balkens (Fig. 507 u. 508). Distalwärts ziehen letztere zwischen Splenium corporis callosi und Psalterium dorsale hin, durchbohren diese beiden Gebilde als Fibrae perforantes posteriores und verlieren sich im Subiculum cornu Ammonis und im Gyrus fornicatus. Andere, im Gyrus fornicatus entspringende Fasern gesellen sich ebenfalls dem Fornix longus; sie durchsetzen die vorderen Teile des Balkens oder biegen in geringer Anzahl um das Vorderende desselben. Je mehr nach vorne, in um so schrägerer Bahn gehen die Fibrae perforantes anteriores durch den Balken; die proximalsten im vorderen Teil des Corpus callosum durchtretenden zeigen bereits ausgesprochen horizontalen Verlauf.

Sämtliche Fibrae perforantes anteriores und ein Teil der Fibrae perforantes posteriores gelangen (*v. Kölliker*) nicht zu den Columnae fornicis, sondern zum Septum pellucidum (Fig. 512 *Sp*), dessen mediale Faserlamellen (Riechstrahlung des Septum pellucidum *Zuckerkandl*, Fig. 507) sie bilden. Ventralwärts gehen sie zu dem von *Kölliker* sog. Ganglion basale Ganseri, einer ansehnlichen Anhäufung grauer Substanz zwischen Chiasma und Kopf des Streifenhügels. In letzterem und in dem genannten Ganglion endigen die Fasern des Fornix longus (*Kölliker*, Fig. 508).

Meine eigenen Erfahrungen über das Verhalten des Fornix longus beim Kaninchen und bei der Katze stimmen mit der vorstehenden

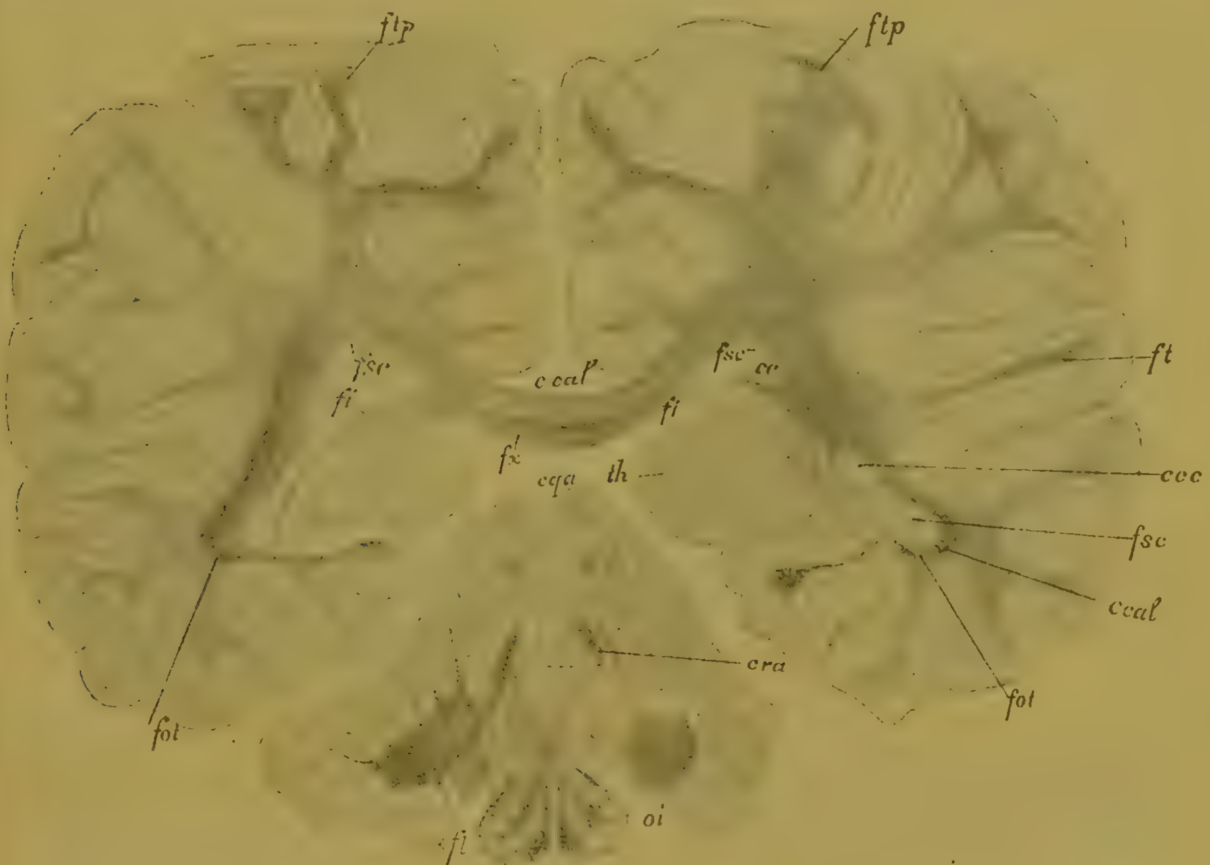



Fig. 511.

**Schnitt durch den hinteren Teil des Thalamus von einem $4^1/_2$ Monate alten Kinde.** Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *oi* untere Olive; *fl* Pedunculus flocculi; *cra* Pedunculus cerebelli anterior; *cqa* vorderer Vierhügel; *th* Thalamus; *fx* Fornix; *fi* Fimbria; *fsc* Fasciculus subcallosus; *cc* Corpus caudatum; *ccal* Corpus callosum; *fot* Thalamusbündel zum Ammonshorn; *ccc* Schwanz des Nucleus caudatus.

Beschreibung in allen wesentlichen Punkten überein. Nach unilateraler Zerstörung des Stirnlappens sah *Shukowski* (in meinem Laboratorium) bei Anwendung der Behandlungsmethode von *Marchi* Degeneration vorderer perforierender Fasern und Faserdegeneration im Septum pellucidum, vorzugsweise auf der entsprechenden, zum Teil aber auch auf der entgegengesetzten Seite (Fig. 512 *fl* und *Sp*). Einige entartete Elemente waren auch in der gleichseitigen Columna fornicis zu bemerken (Fig. 512 *crf*). Nach diesen Befunden würden die Fibrae

perforantes anteriores bei ihrem Übergange in das Septum pellucidum einer partiellen Kreuzung unterliegen. Sie gehen ferner nicht alle zum Septum pellucidum, sondern teilweise auch zur Fornixsäule. An Präparaten von *Schipoff* (aus meinem Laboratorium) konnte Faserdegeneration im Fornix longus und im Septum pellucidum nach isolierter Beschädigung eines Teiles des Gyrus fornicatus nachgewiesen werden.

*v. Kölliker* beschreibt ferner den Fornix longus bei der Katze und findet im ganzen eine ähnliche Anordnung, wie am Kaninchenhirn. Auch hier geht nur ein Teil des Fornix longus, nämlich der mediale, in die Crura fornicis über; die lateraleren Fasern, sowie jene, die um

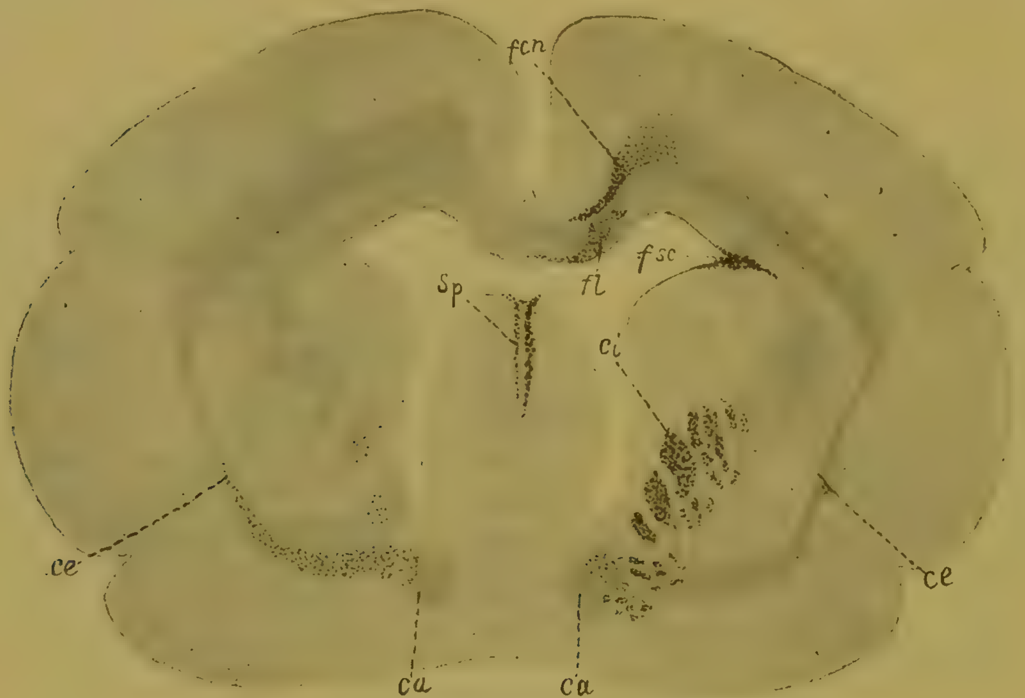



Fig. 512.

**Vom Hunde, nach Zerstörung des Stirnlappens.** Nach einem Präparat von *Shukowski*. *fcn* Cingulum; *fl* Fornix longus auf seinem Wege durch den Balken; *fsc* Fasciculus subcallosus; *sp* Fornixfasern im Septum; *ci* Capsula interna — sämtlich in Degeneration; *ce* Capsula externa; *ca* Commissura anterior, bei ihrem Übergange in die äussere Kapsel links, z. T. auch rechts entartet. Methode von *Marchi*.

den Ring des Corpus callosum biegen, ziehen zum Septum pellucidum und bilden hier die schon erwähnte Faserlamelle. Diese Septumfasern zerfallen bei der Katze in einen vorderen und hinteren Abschnitt. Der distale bildet das Riechbündel von *Zuckerkandl* und umfasst sämtliche lateralen und wohl auch einen Teil der um den Balken biegenden Fibrae perforantes. Der proximale Abschnitt des Septum besteht aus den mehr nach vorne gelegenen Fibrae perforantes und aus der Hauptmasse der aus den Striae Lancisii sich fortsetzenden Bogenfasern. Während letzterer, der auch als Pedunculus septi pellucidi bezeichnet wird, im ventralen Teile des Gyrus fornicatus, vor dem Kopfe des Streifenhügels endigt, verliert sich das Riechbündel von

*Zuckerkandl* in dem Ganglion basale zwischen Chiasma und Kopf des Streifenhügels, zum Teil vielleicht in letzterem selbst.

Beim Menschen sind, wie erwähnt, Fasern, die dem Fornix longus der Tiere entsprechen, ebenfalls nachgewiesen worden. Das Corpus callosum wird am menschlichen Gehirn in ganzer Ausdehnung von Fibrae perforantes durchzogen.

Die Striae longitudinales mediales s. Lancisii (Fig. 514 *s. l.*) erscheinen als direkte Fortsetzungen der Fibrae perforantes auf die andere Seite des Balkens. Sie entspringen in der Fascia dentata bezw. in der Fasciola cinerea, verbinden also diese mit der Faserung des Fornix longus. Von den über die Striae handelnden zahlreichen Arbeiten seien nur diejenigen von *Golgi*, *Henle*, *Giacomini*, *Zuckerkandl*, *Blumenau*, *S. Ramón* und *v. Kölliker* hier genannt. Bei der Maus, der Ratte und dem Kaninchen fand *Ramón* (*Golgi*-Methode) die Striae mediales auf Frontalschnitten von dreieckiger Form und aus drei Schichten, einer oberflächlichen oder feinkörnigen, einer mittleren zellhaltigen und einer tiefen weissen zusammengesetzt. Die Zellen, je 3—4 vertikal übereinanderliegend, erscheinen oval oder spindelförmig. Wie in der Rinde liegen oberflächlich kleinere, in der Tiefe grössere Elemente. Ihre Neuriten gehen in die tiefe Markschicht über und geben, nachdem sie hier longitudinalen Verlauf angenommen, Kollateralen ab, die sich in den mittleren und in den oberflächlichen Schichten wellenförmig aufzweigen. Andere Längsfasern finden sich in der tiefen und mittleren Lage; sie endigen hierselbst nach Entwickelung reichlicher Kollateralen. Von *Kölliker* werden diese Fasern als centripetale gedeutet.




Fig. 513.
Vom Hunde, nach Zerstörung des Stirnlappens. Nach einem Präparat von *Shukowski*. *nth* Nucleus thalami optici; *fth* degenerierte Stabkranzfasern in der Capsula interna; *crf* Crus fornicis mit zerstreuten degenerierten Fasern; *tro* Tractus opticus; *cA* Cornu Ammonis. Methode von *Marchi*.

An dem menschlichen Gehirn bestehen die Striae Lancisii, wenn sie gut entwickelt sind, aus einer oberflächlichen und tiefen weissen und einer mittleren grauen Lage mit zahlreichen vertikal stehenden Nervenzellen. Die Striae laterales erscheinen bei dem Menschen

wenig ausgeprägt und sind von den Längsfasern des Gyrus fornicatus im Sinus corporis callosi zumeist undeutlich abgegrenzt. An Serienschnitten ist ein Zusammenhang der Striae Lancisii mit den Fibrae perforantes unschwer zu eruieren. Letztere stellen sich als Neuriten der grauen Substanz der Striae dar (*v. Kölliker*).

Die Marklamelle zwischen beiden Striae besteht teils aus Längs-, teils aus Vertikalfasern, die sich ebenfalls in Fibrae perforantes fortsetzen. Da diese Striae distalwärts in die Fascia dentata übergehen, so bildet der Fornix longus bezw. die Fibrae perforantes mit den Striae Lancisii auch bei dem Menschen einen Teil der Riechbahn, nur erlangt der Fornix longus hier entsprechend der geringeren Entfaltung des Geruchorganes nicht dieselbe Entwickelung, wie bei den makrosmatischen Geschöpfen.

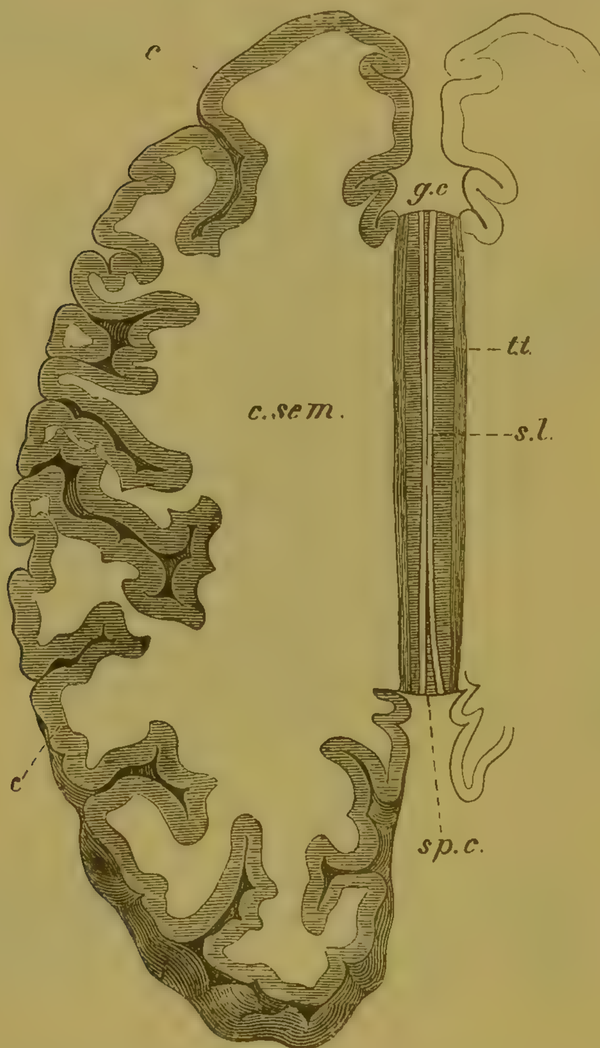



Fig. 514.
Horizontalschnitt durch die linke Endhirnhemisphäre unmittelbar über dem Balkenkörper. Nach *G. Schwalbe*. Man sieht etwas schematisch die dorsale Fläche des Balkens. *g.c* Genu, *sp.c.* Splenium corporis callosi; *s.l.* Striae longitudinales; *t.t* Taeniae tectae.

Aus dem tiefen Olfactoriusmarke gehen zu der Gegend des Zwischen- und Mittelhirns zwei weitere, wahrscheinlich im Gebiete des Riechfeldes entspringende Bündel. Das eine, aus feinen Fasern bestehend, kann nach hinten zum Corpus mammillare verfolgt werden. Auf seiner Bahn durchsetzt es den ventralen Teil des Schweifkerns, ohne übrigens hier neue Fasern aufzunehmen. Ob ein Teil dieses Bündels noch weiter distalwärts zu dem Ganglion interpedunculare und zur Schleife verläuft (*Edinger*), erscheint zweifelhaft. Das andere Bündel entspringt vorzugsweise im lateralen Abschnitt des tiefen Olfactoriusmarkes, dringt durch den vorderen Teil des Sehhügels, erhebt sich dann gegen die Oberfläche des Ventrikels als sog. Taenia thalami und

erreicht schliesslich das Ganglion habenulae, welches durch die Pedunculi conarii mit der Zirbel zusammenhängt.*)

Nach den Ermittelungen *Lotheisens* entspringt die der Taenia thalami entsprechende Stria medullaris in dem Grau des Rhinencephalon, in den Kernen der vorderen Wand des Infundibulum und in dem Fornix, und endigt unter teilweiser Kreuzung in dem Ganglion habenulae. Durch diese Kreuzung entsteht (*Lotheisen*) die Commissura posthabenularis epiphyseos.

Ein besonderes Riechbündel des Ammonshorns ist von *Zuckerkandl* an der Hirnbasis gewisser Tiere aufgefunden worden. Es entspringt in der Nähe der Basis des Lobus olfactorius in der Rinde des Riechfeldes (Fig. 515 *fo*) und verläuft durch letzteres zur Mittellinie des Gehirns nach hinten bezw. kaudalwärts von der medialen Riechstrahlung. Auf ihrem Wege durch das Septum (s. oben) gehen die Fasern dieses Bündels teils eine Kreuzung ein, teils verlaufen sie hier direkt nach hinten, um, nachdem beide Bündel sich am hinteren Septumrande mit einander vereinigt, in den Fornix longus einzutreten. Bei dem Menschen wird dieses Bündel an der Gehirnbasis für gewöhnlich nicht sichtbar, da sein vorderes Ende sich zum grössten Teile in der Substantia perforata anterior verbirgt. Einen kleinen Teil desselben sieht man manchmal längs dem hinteren Abschnitt der Substantia perforata fast bis zur Spitze des Gyrus hippocampi verlaufen. Über diesen Faserzug, den *Broca* (bandelette diagonale) von der Spitze des Ammonshorns zur unteren Region des Gyrus fornicatus verfolgt hat, wird im folgenden noch die Rede sein; er entartet gewöhnlich im Anschlusse an Degeneration des Fornix longus, wie an Hunden mit beschädigtem Gyrus fornicatus eruiert werden kann.

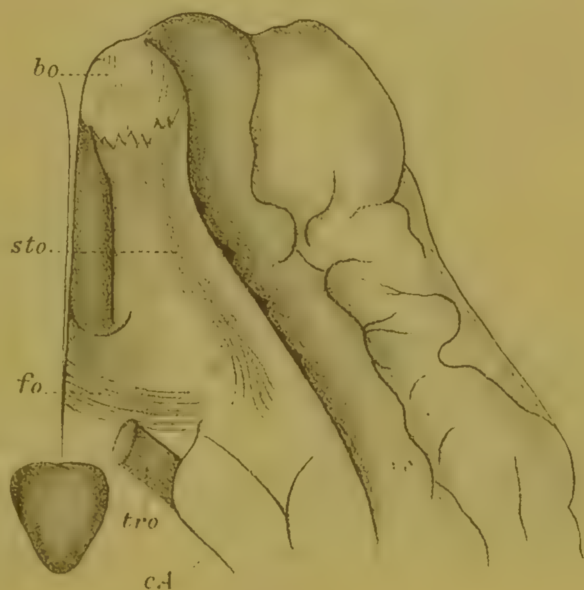



Fig. 515.
Vorderer Teil der Gehirnbasis des Kalbes *bo* Bulbus olfactorius; *sto* Stria olfactoria; *fo* Riechbündel von *Zuckerkandl*; *tro* Tractus opticus; *cA* Cornu Ammonis. Nach *Edinger*.

Ich schildere nun den Verlauf der Bahnen, die das Grau des Bulbus olfactorius mit der Endhirnrinde und anderen Hirnteilen verbinden (Fig. 516).

*) Aus dem Ganglion habenulae wird der Riechapparat durch besondere Bahnen mit dem Corpus mammillare und dem Ganglion interpedunculare verknüpft (*Edinger*).

Der untere Teil des Tractus (Pedunculus) olfactorius, durch welchen der Bulbus olfactorius mit den Hemisphären zusammenhängt, erscheint bei äusserer Betrachtung weiss, d. h. aus Markfasern bestehend. Diese Markfasern ziehen nach aussen und hinten zur Spitze des Schläfenlappens und bilden den sogen. lateralen Riechstreifen (Fig. 517 L. W.). Eine zur vorderen Kommissur verlaufende schwächere mediale Olfactoriuswurzel (Fig. 517 m. W.) ist nicht so sehr beim Menschen, als vielmehr bei den makrosmatischen Geschöpfen gut entwickelt und kommt bei ersterem an der äusseren Hirnoberfläche nicht zur Anschauung. Die genannten beiden Systeme stellen die Hauptmasse der Bulbusfaserung dar.

**Fig. 516.**

Sagittalschnitt des Kaninchenhirns etwas lateral von der Mittellinie. Zur Erläuterung eines Teiles des Riechapparates. Eine grosse Anzahl der abgebildeten Fasern fällt in die Schnittebene und ist hier nach Präparaten eingezeichnet. Ein kleiner Teil (Fornixsäule u. a.) ist nach weiter seitlich liegenden Schnitten entworfen. Nach *v. Kölliker* u. *Edinger*.

Seinem feineren Baue nach enthält der Bulbus olfactorius grosse Mengen zerstreuter Fasern von wesentlich radiärer Anordnung. Diese Fasern gesellen sich in der Folge zu der lateralen Wurzel, die somit die überwiegende Mehrzahl der Riechlappenfaserung aufnimmt. Da ihre Fasern, wie die genauere Untersuchung darthut, im Bulbus selbst ihren Urspung nehmen, so kann die laterale Wurzel mit Recht als Tractus olfactorius bezeichnet werden. Die zu der vorderen Kommissur hinziehende mediale Wurzel hingegen entspringt nicht in der Rinde des Bulbus, sondern in der grauen Substanz des Pedunculus olfactorius.

Man kann in der Faserung des Bulbus unterscheiden: 1. Bahnen von der Rinde des Bulbus zur Rinde des Tractus (s. oben), 2. Fasern aus Mitral- und Körnerzellen direkt zu den Hemisphären, 3. Fasern, die in der Rinde des Tractus entspringen und endigen und in die vordere Kommissur übergehen, endlich 4. Bahnen zwischen Rinde des Tractus und anderen Hirnteilen. Zu den letztgenannten gehören u. a. Centrifugalfasern, die in der Rinde des Tractus endigen (Fig. 520, *L*).*)

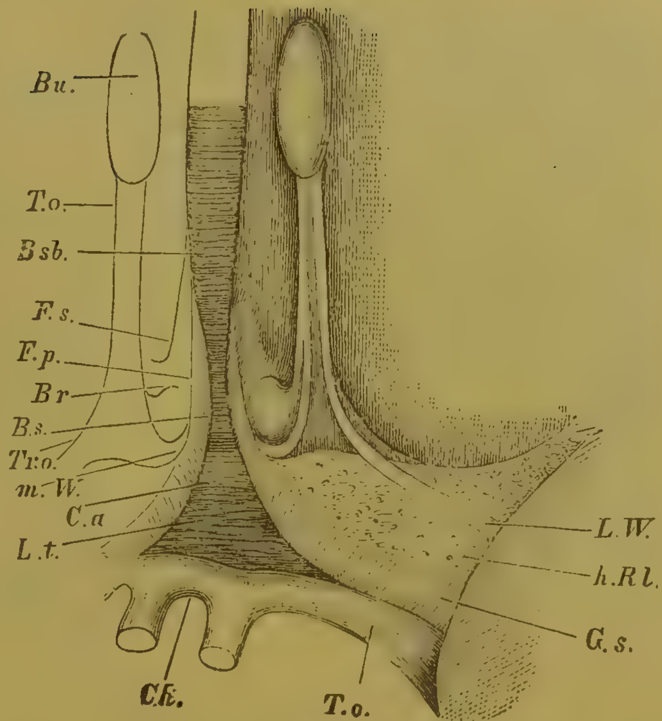



Fig. 517.

Riechlappen des menschlichen Gehirns. Nach einem frischen Präparat entworfen von *W. His*. *Bu.* Bulbus olf.; *T.o.* (oben) Tractus; *Tr.o.* Trigonum olfactorium; *Bsb* Rostrum corporis callosi; *Bs.* Balkenstiel; *Br* Area Brocae; *F.p.* Fissura prima; *F.s.* Fissura serotina; *C.a.* Ort der Commissura anterior; *L.t.* Lamina terminalis; *Ch* Chiasma; *T.o.* (unten) Tractus opticus; *G.s.* Ende des Gyrus subcallosus; *h.Rl.* hinterer Riechlappen (Teil der Lamina perforata anterior); *L.W.* laterale, *m.W.* mediale Wurzel des Tractus.

Was die centripetalen Elemente des Tractus betrifft, so vermag ich auf Grundlage der Untersuchung ihrer Entwickelung mit

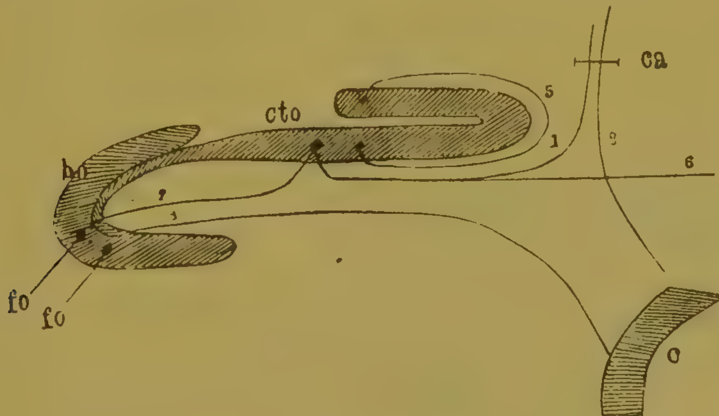



Fig. 518.

Schema der Olfactoriusbahnen. *fo*, *fo* Fila olfactoria; *bo* Bulbus olfactorius; *cto* Grau des Tractus olfactorius; *c* Rinde des Schläfenlappens; *ca* vordere Hirnkommissur. Die Faser 2 entspringt im Bulbus und endigt in der Rinde des Tractus olfactorius; die Faser 6 geht aus dem Bulbus olfactorius direkt zum Thalamus opticus; 3, 7 Fasern der lateralen Wurzel des Tractus olfactorius, aus dem Bulbus und Tractus zur Schläfenrinde verlaufend; 1 und 8 Fasern der vorderen Kommissur, erstere aus dem Bulbus olfactorius herkommend; 5 Faser aus der Rinde des Bulbus olfactorius zur Rinde des Riechlappens (sog. obere Wurzel des Bulbus olfactorius).

*) Ein Teil der centrifugalen Riechfasern erreicht (s. oben) die Glomeruli und hört hier an dem von den Mitralzelldendriten mit den Endigungen der Fila olfactoria erzeugten Geflechte auf.

voller Gewissheit festzustellen, dass ihre Endigungsstätte im vordersten Teile des Ammonshornes zu suchen ist. Auch die vergleichende Anatomie giebt Aufschluss über die Beziehungen des Ammonshorns zum Riechapparat. Während die Windung beim Delphin noch in rudimentärer, bei dem Menschen in mässiger Entwickelung auftritt, gelangt sie bei Geschöpfen mit scharfem Geruchsinn und umfangreichem Lobus olfactorius zu ausserordentlicher Entfaltung und erstreckt sich mit dem Fornix weit nach vorn unter den Balken. Der Umfang des vorderen Endes des Gyrus hippocampi steht in der Tierreihe in direkter Abhängigkeit von der Stärke des Lobus olfactorius. Der Uncus, bei dem

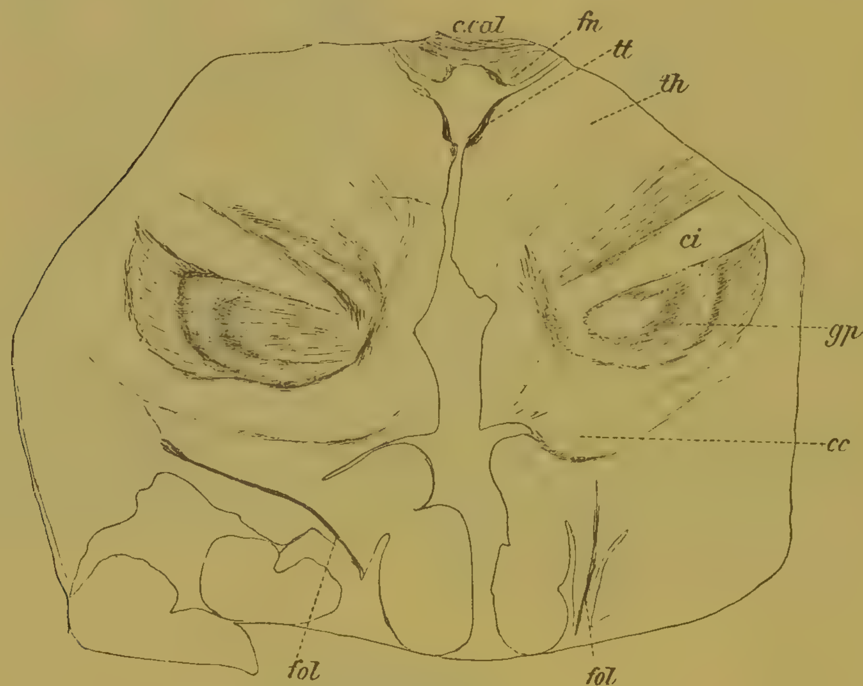



Fig. 519.

**Durchschnitt des Gehirns eines 3 Monate alten Kindes.** Nach einem Präparat von *F. Teljatnik*. Behandlung mit der *Pal*schen Methode. *c.cal* Corpus callosum; *fn* Fornix; *tt* Taenia thalami; *ci* Capsula interna; *gp* Globus pallidus; *cc* Corpus caudatum; *fol* laterale Olfactoriuswurzel.

Menschen und überhaupt bei Geschöpfen mit vergleichungsweise schwachem Geruchsinn deutlich ausgebildet, geht den makrosmatischen Tieren gänzlich ab; mit dem Auftreten des Uncus schwindet das Vorderende der Ammonswindung (*Zuckerkandl*). Hiermit stimmt die von *Weber* aufgefundene Thatsache überein, dass die Entwickelung des Gyrus hippocampi bei den Cetaceen unmittelbar bedingt wird durch das Vorhandensein oder Fehlen eines Lobus olfactorius, wogegen der Gyrus fornicatus, welcher von Einigen ebenfalls zum Rhinencephalon gerechnet wird, in dieser Tierreihe überall gleiche Entwickelung zeigt.

Der eigentliche Tractus olfactorius verstreicht im Gebiete der sogen. Digitationes, also ganz im Beginne des Ammonshornes, da, wo die Fascia dentata Tarini anfängt. So tritt letztere in nahe Beziehungen

zum Riechapparat.*) Ein Teil der Tractusfasern endigt indessen schon vor Erreichung des Lobus pyriformis in der Rinde des Pedunculus olfactorius und im Riechfelde der Substantia perforata anterior (éspace quadrilatère *Broca*).

Die Rinde des Riechfeldes ist in neuerer Zeit durch *Calleja* mit der *Golgi*schen Methode untersucht worden. Es zeigte sich, dass die Riechbündel dem Tuberculum olfactorium zustreben und nach ihrem Eintritt in die Rinde desselben hier ein ungemein feines Geflecht von inselförmiger Anordnung erzeugen, ein Verhalten, welches ich meinen eigenen Beobachtungen zufolge bestätigen kann. In die genannten Geflechte hinein begeben sich Fortsätze von Mitralzellen des Bulbus olfactorius nicht nur mit dem lateralen Riechbündel, sondern auch dorsal von letzterem. Die Rinde dieser Teile zeigt stark modifizierte Pyramiden mit reichem Dendritengeäste.

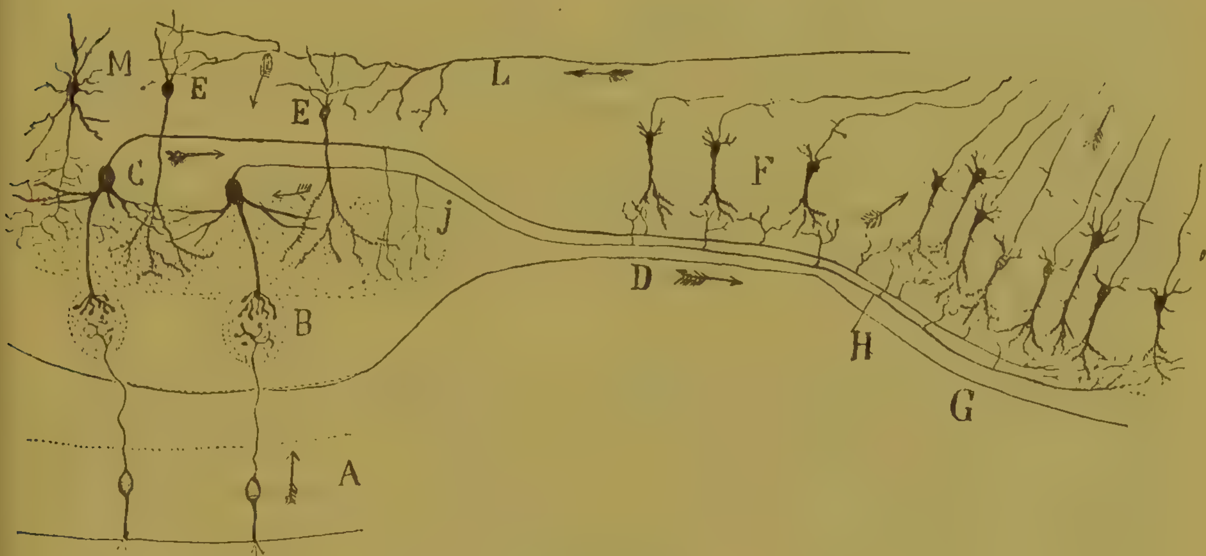



Fig. 520.

Schema des Verlaufes der Nervenreize in dem Olfactoriusapparate der Säugetiere. Nach *Ramón y Cajal*. *A* Riechschleimhaut; *B* Glomeruli des Bulbus olfactorius; *C* Mitralzellen; *D* Tractus olfactorius; *E* Körnerzellen; *F* Pyramidenzellen des Tractus olfactorius; *G* Region des äusseren Riechstreifens; *J* Kollateralen des Bulbus olfactorius; *K* Kollateralen des äusseren Riechstreifens; *L* Centrifugalfasern; *M* Zelle mit kurzem Achsencylinderfortsatz.

Ein anderer Teil des lateralen Bündels endigt im vorderen Teil des Ammonshornes bezw. im Lobus pyriformis. Hier verästeln sich die Riechfasern ausschliesslich in dem Stratum moleculare und erreichen mittelst ihrer Verästelungen die Dendriten tiefer liegender Pyramiden. Jede Riechfaser gewinnt durch starke, während des Verlaufes sich ablösende Kollateralen Beziehungen zu ausgedehnten Rindengebieten. In das Geäste derselben tauchen auch die Dendriten der Pyramiden, die im Lobus pyriformis eine Schicht dreieckiger und eine Schicht spindel-

*) Tiere, denen der Geruchsinn fehlt, besitzen bekanntlich keine Fascia dentata.

förmiger Zellen bilden.*) Ausser centripetalen sind im Tractus olfactorius, wie erwähnt, centrifugale Fasern vorhanden, über deren cerebralen Ursprung nichts Sicheres bekannt ist.

Von dem Olfactoriusteil der vorderen Kommissur ist schon bemerkt worden, dass seine Fasern nur zur Rinde des Pedunculus olfactorius Beziehungen haben. Im Innern des Bulbus olfactorius liegen diese Fasern in der Nähe des Kanals über den Elementen des Tractus olfactorius; distalwärts gesellen sich ihnen im Bereiche des Bulbus stetig neue Elemente aus der Rinde des Pedunculus olfactorius hinzu (Fig. 520). In ihrem weiteren Verlaufe wenden sie sich zunächst auf-, dann medianwärts zur vorderen Kommissur, deren kleineren vorderen-unteren Abschnitt sie darstellen (Fig. 516). Ihre Stärke übertrifft die der übrigen Bestandteile der Kommissur, beide sind daher an *Weigert*schen und *Pal*schen Sagittalschnitten, welche die vordere Kommissur quer treffen, leicht auseinander zu halten. Da in der Rinde des Pedunculus olfactorius an *Golgi*schen Präparaten ausser Pyramidenzellen mit ihren Achsencylindern auch freie Faserverästelungen vorkommen, so darf man in einem Teile der letzteren Endigungen vorderer Kommissurenfasern vermuten. Auf jeden Fall aber dient das Riechbündel der vorderen Kommissur zur Verbindung der grauen Substanz beider Pedunculi olfactorii und stellt nicht, wie *Meynert* anfänglich glaubte, eine kreuzende centrale Leitung vor.

Ein besonderer, von der Olfactoriuswurzel der Commissura anterior sich ablösender Faserzug verläuft nach *Obersteiner* längs dem Innenrande des unteren Teiles der Capsula interna zu dem vorderen Abschnitt des Sehhügels (Fig. 520 *I*). Dieser Beobachtung entspricht jene Angabe *Gudden*s, welcher zufolge die Riechfaserung an dem Orte, wo sie medianwärts gegen die vordere Kommissur hin umbiegt, einen Teil ihrer Fasern in der ursprünglichen Richtung direkt nach hinten zum Corpus striatum oder noch über letzteres hinaus entsendet. In ähnlicher Weise äussern sich *Edinger* und *Flatau*, indem sie die aus Achsencylindern von Mitralzellen bestehenden Faserzüge des Tractus olfactorius teils in die Rinde des Lobus olfactorius, teils in die Spitze des Ammonshornes übergehen lassen. Auf ihrem Wege durch das Riechfeld (éspace quadrilatère *Broca*, der Substantia perforata anterior des Menschen entsprechend) geben sie diesem zahlreiche Fasern ab, der Rest aber verläuft, gemischt mit dem feinen Mark des Riechlappens, weiter nach hinten zum Zwischen- und Mittelhirn.

Andere Fasern endlich begeben sich aus der hinteren Tractusrinde zu den benachbarten Teilen des Stirnlappens. Sie werden in der Regel

---

*) Nach *v. Kölliker* enden die Riechfasern an besonderen von ihm beschriebenen Zellen des Lobus pyriformis, im Nucl. amygdalae und Corpus striatum.

als obere Riechwurzel beschrieben und entsprechen in jeder Hinsicht gewöhnlichen Associationsfasern, wie sie auch zwischen den Windungen anderer Hirnteile vorkommen.

Von pathologischen Erfahrungen über den Bulbus olfactorius ist zunächst an die älteren Beobachtungen *Tiedemanns* zu erinnern. Derselbe fand in 3 Fällen neben anderen Hirnanomalien völligen Mangel des Bulbus bei mangelhafter Entwickelung der Ammonshörner und des Gewölbes auf beiden Seiten. In einem von *Rudolphi* mitgeteilten Fall wurde Mangel eines Riechlappens von Zurückbleiben der Ammonshornbildung und Fehlen des Fornixschenkels auf der entsprechenden Seite begleitet. Später sind mehrere derartige Fälle bekannt geworden. Im Hinblick auf dieselben konnte schon *Treviranus* der Ansicht Raum geben, es hänge ein grosser Teil der Tractusfaserung mit dem Ammonshorne zusammen, ein Satz, welcher in der Folge von vielen Seiten bestätigt, von anderen allerdings auch angefochten wurde.

Die ersten experimentell-anatomischen Untersuchungen über den Riechapparat rühren von *Gudden* her. In einem seiner Experimente wurde eine Nasenöffnung bei einem neugeborenen Kaninchen durch Nähte geschlossen. Nach einigen Wochen konnten auf der Seite des Eingriffes Zeichen von Wachstumshemmung an den Riechnerven, am Bulbus und Tractus olfactorius festgestellt werden. Ein anderes mal wurde die periphere Olfactoriusverästelung durch Eröffnung des hinteren Teiles der Nasenhöhle beschädigt, zugleich das Siebbeinlabyrinth nebst der oberen Nasenmuschel entfernt und die Reste der Nasenschleimhaut mit dem scharfen Löffel abgetragen. Hier entwickelten sich die nämlichen Erscheinungen wie vorhin, nur in stärkerem Masse. Ein dritter Versuch mit einseitiger Entfernung des Bulbus olfactorius ergab totalen Schwund des entsprechenden Tractus und Verschmälerung des vorderen Teiles der Ammonshornwindung (Lobus pyriformis) bei Unversehrtheit des distalen Abschnittes derselben. *Gudden* kam auf Grundlage dieser seiner Versuche zu dem Schluss, dass der mit dem Lobus pyriformis verbundene Tractus olfactorius bei dem Kaninchen die einzige Bahn des Geruchsinnes darstelle. *Ganser* schliesst sich im allgemeinen den *Gudden*schen Befunden und Sätzen an, wiewohl er nach Durchschneidung des Tractus olfactorius keine Zellatrophie im Lobus pyriformis zu ermitteln vermochte.

In neuerer Zeit sind von *A. Ponjatowski* mannigfache Versuche über den Riechlappen und die Riechbündel mit Anwendung der Methode von *Marchi* ausgeführt worden. Der Genannte bestätigt zunächst die Ergebnisse der *Gudden*schen Experimente, denn nach Ablösung des Bulbus olfactorius von der übrigen Hirnmasse wurde von ihm ausnahmslos starke Faserdegeneration im Tractus beobachtet. Die Rinde des Bulbus bilde das trophische Centrum und zugleich die

alleinige Ursprungsstätte der Tractusfaserung. Weder in der Rinde des Tractus, noch in der Riechstrahlung zu den Ganglien war Degeneration nachweisbar. Letztere Verbindung wird daher strikt geleugnet. Die reflektorische Riechbahn könne nicht direkter Art sein, vielmehr sei es wahrscheinlich, dass jene Tractusfasern, die vor Erreichung des Lobus pyriformis in der Rinde des Tractus endigen, vor allem die reflektorische Leitung des Geruchreizes zu letzterer und von hier vielleicht zu den grossen Ganglien besorgen. Ein weiterer Versuch soll beweisen, dass die Riechfasern der vorderen Kommissur nicht im Bulbus, sondern im Tractus olfactorius entspringen. Nach Abtrennung des Pedunculus bezw. Tractus olfactorius erschien ein Teil der Kommissurenfasern in demselben Masse degeneriert, wie nach medianer Durchschneidung der Kommissur selbst. Andererseits hatte Entfernung des vorderen Drittels oder gar einer Hälfte des Bulbus keine Veränderungen der Commissura anterior zur Folge. Auch wurden bei Durchschneidung der Bulbi olfactorii Veränderungen im Stirnlappen vermisst; die von *Broca* angenommene Verbindung dieser Teile könne daher nicht aufrecht erhalten werden. Wohl aber könne ein Zusammenhang der Bulbusrinde mit der des Tractus nicht geleugnet werden, vielmehr verlaufe ein besonderes System feiner Fasern von dem oberen-hinteren Rande des Pedunculus olfactorius bogenförmig, gleich Associationsfasern, zu der angrenzenden Rinde der Stirnlappenbasis. Eine Kreuzung von Olfactoriusfasern in der vorderen Kommissur und ein Zusammenhang des Riechlappens mit dem Ammonshorne durch das von *Zuckerkandl* beschriebene, im Fornix verlaufende Bündel erscheine mit Rücksicht auf die experimentellen Ergebnisse unhaltbar. Der Fornix zeigte sich nach Bulbus- wie nach Pedunculusdurchschneidung gleich unverändert; ebenso konnten nach Durchtrennung des Fornix weder in der Commissura anterior, noch im Lobus olfactorius Veränderungen nachgewiesen werden. — Man wird nicht umhin können, zu bemerken, dass in diesen Untersuchungen *Ponjatowski*s die basalen Teile des Bulbus olfactorius, das sogen. Riechfeld, in welchem das Fornixbündel *Zuckerkandl*s seinen Ursprung nimmt, keine Berücksichtigung finden.

Über die Bahnen des Corpus striatum können wir uns kurz fassen. Die Bestandteile desselben, der Nucleus caudatus und das Putamen des Linsenkerns, sind als modifizierte Rinde bereits bekannt geworden. Die Analogie dieser Gebilde mit der Endhirnrinde bekundet sich auch in ihren Verbindungen mit tieferliegenden Teilen (*Wernicke*). Ein grosser Teil der Fasern aus dem Schweifkern und Putamen zum Hirnstamme soll nämlich in Form eines Stabkranzes in der Richtung zum Globus pallidus konvergieren, wo sie entweder unterbrochen werden oder nur einfach durchtreten.

Die fraglichen Fasern des Nucleus caudatus ziehen durch den

vorderen Schenkel der inneren Kapsel. Eine Anzahl von ihnen steigt zum Hirnstamme herab und erreicht den Sehhügel und das Corpus subthalamicum. Andere treten in die Lamina medullaris externa ein, von wo sie zu dem zweiten Glied des Globus pallidus vordringen. Noch andere gehen direkt zu beiden Gliedern des Globus pallidus und zur Lamina medullaris interna. Faserzüge aus dem Putamen dringen durch die Lamina medullaris externa ebenfalls zum Globus pallidus vor und stossen hier auf solche aus dem Schweifkern.

Alle diese Markmassen nehmen somit einen wesentlichen Anteil an der Bildung der beiden Laminae medullares. Doch dürften auch Elemente, die aus dem Nucleus caudatus zur Haube verlaufen, hier durchtreten. Zweifellos ist dies bezüglich der Rindenfasern des Globus pallidus und




Fig. 521.
Das Systema strio-thalamicum und die Bahnen des Nucleus caudatus zum Corpus subthalamicum und zur Substantia nigra (basales Vorderhirnbündel *Edinger*). *nc* Nucleus caudatus; *th* Thalamus opticus; *cs* Corpus subthalamicum; *sn* Substantia nigra.

derjenige, die ihm aus dem Hirnstamm zufliessen. Die Laminae medullares enthalten somit Fasern des Nucleus caudatus und des Putamen, ferner solche, die den Globus pallidus mit der Endhirnrinde und schliesslich Bahnen, die dieses Ganglion mit Kernen des Hirnstammes in Verbindung setzen.

Andere Fasern verknüpfen den Nucleus caudatus und das Putamen mit dem Zwischenhirn (Thalamus) und mit dem Corpus subthalamicum (Fig. 521). Die Bahnen aus dem Schweifkern ziehen grösstenteils durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel, die aus dem Putamen treten zur basalen Fläche des Linsenkerns und gelangen hierauf als Linsenkernschlinge medialwärts unter den Nucleus lentiformis. Dies ist das basale Endhirnbündel *Edingers* (Radiatio strio-thalamica).

*v. Monakow* bezeichnet als Linsenkernschlinge sämtliche Fasern der Regio subthalamica, die den Pedunculus durchbohren und zum Linsenkern in Beziehung treten, und unterscheidet darin: 1. einen starken, anscheinend mit dem Putamen zusammenhängenden Faserzug, welcher in die Kapsel des Corpus subthalamicum und darauf in den medialen Teil des Sehhügels übergeht: dorsales Bündel der Linsenkernschlinge; 2. ein zweiter Faserzug, ebenfalls mit dem Putamen verbunden, tritt zum ventralen Abschnitt des Corpus subthalamicum; 3. ein anderes ansehnliches Bündel liegt anfänglich zwischen dem Linsenkern und dem Querschnitt der vorderen Kommissur und fliesst später auf Durchschnitten mit dem Tractus opticus zusammen. Dies ist das ventrale Bündel der Linsenkernschlinge. Es enthält u. a. jene Fasern, die aus dem roten Haubenkern und aus der Schleife zum Linsenkern emporsteigen. Während das Bündel von *v. Monakow* aus allen Teilen des Linsenkerns abgeleitet wird, scheint es mir nur mit dem Globus pallidus zusammenzuhängen, gehört also nicht zu den Verbindungen des Putamen.

Das System des Streifenhügels und des Putamen umfasst dem obigen zufolge einen Teil der Faserung des vorderen Schenkels der Capsula interna, sowie die genannten zwei Bündel der Linsenkernschlinge.

Als Hauptendstätten der Streifenhügelfaserung, die auch Grundbündel des Corpus striatum genannt werden kann, erscheinen die Sehhügelkerne und das Corpus subthalamicum. Ein Teil derselben erstreckt sich aber offenbar noch weiter nach unten zu dem Stratum intermedium des Hirnschenkels. Ihre äusserste distale Grenze bildet die Substantia nigra.

*Edinger* beschreibt in seinem basalen Vorderhirnbündel eine innige Verbindung der Kerne des Thalamus und der Regio subthalamica mit den grossen Hemisphären; dagegen werden nach seinen Befunden zu Gegenden distal von der Substantia nigra keine Fasern von den Ganglien abgegeben. Das genannte, durch den vorderen Schenkel der Capsula interna hindurchgehende Bündel findet sich — und dies ist auch in physiologischer Beziehung bedeutsam — bei sämtlichen Wirbeltieren, die niederen nicht ausgenommen. In einem von *Mahaim**) mitgeteilten Fall bestand absteigende Degeneration desselben.

Während das Corpus striatum (Nucleus caudatus und Putamen) auf der einen Seite mit dem Hirnstamm und seinen Ganglien verknüpft ist, steht es auf der anderen Seite ohne Zweifel mit der Rinde des Endhirns in Verbindung. Eine solche, die innere Kapsel durchziehende Bahn ist schon vor vielen Jahren von *Meynert* angenommen

---

*) Arch. f. Psychiatrie, Bd. XXV.

worden. In der Folge aber versuchte *Wernicke* den Nachweis zu führen, dass die aus der Hirnrinde zur Capsula interna gelangenden Faserzüge weder mit dem Nucleus caudatus, noch mit dem Putamen in Zusammenhang treten und dass, wenn überhaupt Teile der inneren Kapsel jene Ganglien erreichen, sie hier nur einfach durchtreten, nicht aber unterbrochen werden. Erschien sonach das Vorkommen von Rindenfasern zum Corpus striatum einigermassen zweifelhaft, so wurden nichtsdestoweniger durch spätere Untersuchungen die fraglichen Verbindungen sichergestellt und gezeigt, dass sie vorwiegend dem Gebiete der inneren Kapsel angehören. Von den Rindenfasern zum Putamen scheint ein Teil durch die äussere Kapsel hindurchzugehen. Man sieht sie

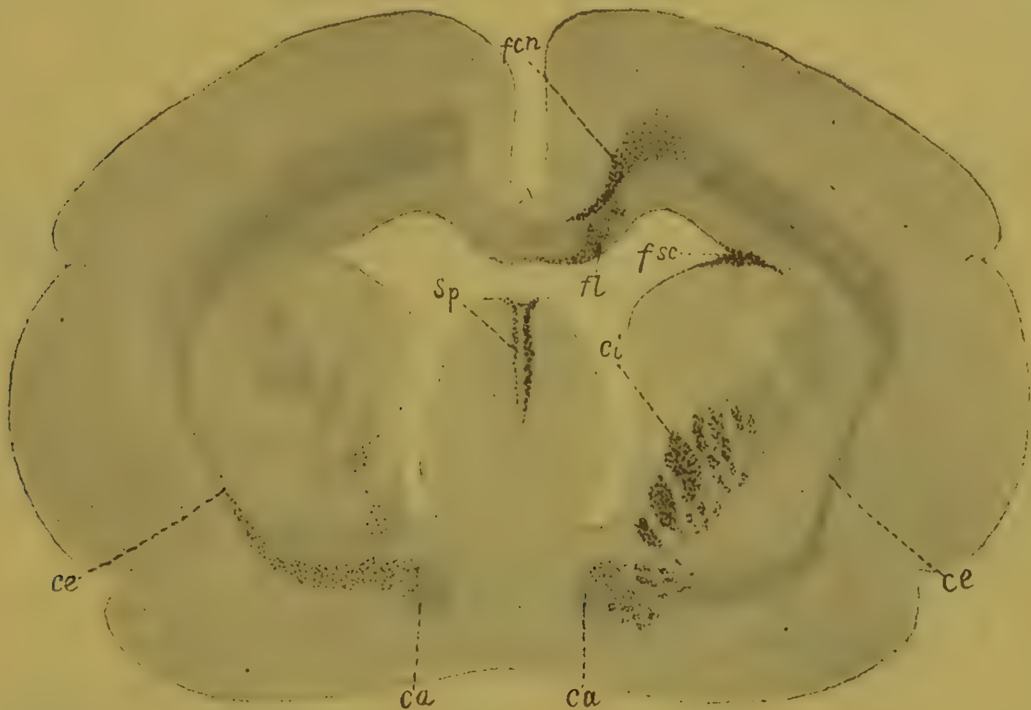



Fig. 522.

Vom Hunde, nach Zerstörung des Stirnlappens. Nach einem *Marchi*-Präparat von *Shukowski*. *fcn* Cingulum; *fl* Fornix longus auf seinem Wege durch den Balken; *fsc* Fasciculus subcallosus; *sp* Fornixfasern im Septum; *ci* Capsula interna — sämtlich in Degeneration; *ce* Capsula externa; *ca* Commissura anterior, bei ihrem Übergange in die äussere Kapsel links, z. T. auch rechts entartet. Methode von *Marchi*.

an geeigneten Präparaten von hier zum Putamen treten, ja manchmal diesen durchsetzen und in die Lamina medullaris externa eindringen. Was den Nucleus caudatus betrifft, so beobachteten *Bianchi* und *D'Abundo**) Atrophie desselben nach ausgedehnter Beschädigung des motorischen Rindenfeldes beim Hunde. *Marinesco* sah beim Affen nach Zerstörung des Stirnlappens u. a. im Corpus striatum degenerierte Fasern, und *Ramón y Cajal* beschreibt Fasern, die, aus Pyramidenzellen des Stirnlappens hervorgehend, durch das Corpus striatum ziehen und an dessen Zellen zahlreiche Kollateralen abgeben.

---

*) Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 17. Orig.-Mitteilung.

Dem Zusammenhange des Streifenhügels mit der Hirnrinde dient nach Ansicht von *Sachs*, der ich vollauf beistimmen muss, ein Faserzug, der sich längs der ganzen Ausdehnung des Nucleus caudatus hinzieht und als Fasciculus nuclei caudati oder Fasciculus subcallosus (fronto-occipitales Associationsbündel von *Onufrowitsch*) bezeichnet werden kann. Das Bündel sendet fortwährend Abzweigungen in die Substanz des Nucleus caudatus hinein, wodurch es von vorn nach hinten an Umfang einbüsst (Fig. 531, 530, 522 *fsc*); zugleich begleitet es, wie ich nachweisen konnte, den Schwanz dieses Kerns in ganzer Länge, biegt mit ihm in das Unterhorn (Fig. 527—529) und erzeugt, wie in Fällen von Balkenmangel ersichtlich, einen Teil des Tapetum (Fig. 523 *tap*). Den grössten Teil seines Weges durchläuft es dicht unter dem Corpus callosum




Fig. 523.
Hinterer Teil der Balkenstrahlung der linken Hemisphäre, von innen gesehen. Nach *G. Schwalbe*. *c* Durchschnitt des Balkenkörpers; *sp* der obere, *sp'* der umgeklappte Teil des Splenium corporis callosi; *for* Forcepsstrahlung des Splenium; *tap* Tapetumstrahlung; *th* mediale Wand des Thalamus; *t.p* Hirnschenkel; *cg* Corpus geniculatum mediale; *p* Pulvinar thalami; *f.i.* Fasciculus longitudinalis inferior; *o* Spitze des Hinterhauptlappens.

am lateralen Winkel des Seitenventrikels, aussen teils von Balken-, teils von Stabkranzfasern, unten vom Ventrikelependym begrenzt. Der Verlauf des Fasciculus subcallosus zeigt zwei Knickungen, eine vordere in der Gegend des Balkenknies und eine hintere unter dem Splenium. Vorwiegend der Stirn- und Scheitellappen, wahrscheinlich aber auch die

Windungen der hinteren Hemisphärenteile werden von ihm mit dem Nucleus caudatus und dessen Schweif verbunden.*) Kommissuren- oder kreuzende Fasern sind in ihm zweifellos nicht vorhanden. Auf Querschnitten ist der Fasciculus subcallosus, insbesondere nach der Entwickelungsmethode, leicht nachweisbar, da seine Elemente sich später umscheiden, als die nachbarlichen Markmassen und der Balken. Infolge dieser seiner Besonderheiten war mir der Fasciculus subcallosus schon vor vielen Jahren und unabhängig von den oben genannten Autoren wohl bekannt. Degeneration desselben wird nach Beschädigungen der Stirn-, Scheitel- und Hinterhauptwindungen, sowie nach Durchschneidungen beobachtet (*Muratoff*). Ich sah dies an Präparaten von *Shukowski* nach Zerstörung des Stirnlappens (Fig. 530 u. 531). In der Richtung nach hinten vom Stirnlappen zeigte die Degeneration eine allmähliche Abnahme, was darauf hinzuweisen scheint, dass die hier entspringenden Fasern nach und nach in den Nucleus caudatus eintreten. Besonders auffallende Degeneration des in Rede stehenden Faserzuges wird, wie Untersuchungen von *Schipoff* (aus meinem Laboratorium) darthun, nach Beschädigung des Gyrus fornicatus beobachtet. Auch in dem Nucleus caudatus konnte dabei Degeneration nachgewiesen werden. Die im Anschluss an den genannten Eingriff entartenden Fasern liessen sich durch die innere Kapsel zu dem basalen Teile des Schweifkerns verfolgen, woraus auf ausgedehnte Verbindung dieses Ganglions mit dem Gyrus fornicatus geschlossen werden kann.

Über das weite Territorium der Endhirnrinde verbreiten sich, wie ein Gesamtüberblick erkennen lässt, die im bisherigen beschriebenen Leitungsbahnen in sehr ungleichmässiger Weise. Die grösste Masse derselben entfällt augenscheinlich auf die Centralwindungen und die angrenzenden Teile des Stirn- und Scheitellappens, wesentlich zurücktretend an Masse sind die Bahnen des Occipital- und Temporallappens mit dem Ammonshorne. In dem vorderen Abschnitt der Hemisphären, aber auch hinten im hinteren Teile des Scheitellappens, im vorderen und lateralen des Occipitalhirnes, im latero-basalen des Schläfenlappens, sowie in der Insel finden sich Gebiete, die keine oder nur wenige Projektionsfasern zu enthalten scheinen. Es sind dies die schon früher erwähnten umfangreichen Associationscentra *Flechsig*s. Sie nehmen

*) In Übereinstimmung hiermit nimmt *Flechsig* auf Grundlage seiner Beobachtungen an, der Fasciculus subcallosus bestehe hauptsächlich aus Stabkranzfasern, welche aus der inneren Kapsel kommend nach vorne umbiegen, längs dem Nucleus caudatus verlaufen und nach Erreichung des Balkens mit Stabkranzfasern aus dem Gyrus fornicatus und aus dem vorderen Teile der sensitiv-motorischen Zone sich mischen. Nach vorne und nach hinten umbiegende Balkenfasern sollen sich ihm hier hinzugesellen. Dagegen seien lange Associationsfasern der Gyri temporo-occipitales und frontales nur in äusserst geringer Anzahl in dem Fasciculus subcallosus enthalten.

nach den Berechnungen dieses Forschers an dem menschlichen Gehirn $^2/_3$ der ganzen Rinde für sich in Anspruch und sind miteinander verbunden einerseits durch lange Bahnen, andererseits durch kürzere Systeme vermittelst der von den Projektionsfasern eingenommenen Rindenterritorien. Mit diesen ihren Nachbarfeldern sehr eng verknüpft unterscheiden sich die Associationsgebiete durch einen hervorragenden Reichtum an Associationsfasern. Unabhängig hiervon stehen sowohl die Associationscentra, wie die Sinnesfelder beider Hemisphären in ausgedehntem Verkehr mit einander durch besondere, von einer Hemisphäre zur anderen verlaufende Fasersysteme. Alle diese Rindenverbindungen werden zusammengefasst unter dem Namen Associationssysteme oder Associationsfasern.

Die Associationsbahnen der Endhirnrinde, zu denen wir nunmehr übergehen wollen, erscheinen 1. als Hirnkommissuren und 2. als eigentliche Associationsfasern. Jene dienen zur Verbindung symmetrischer Teile beider Hemisphären, diese verknüpfen verschiedene Bezirke einer Hemisphäre untereinander. Zu den Kommissuren gehören vor allem zwei mächtige Systeme, nämlich 1. die Balkenfaserung (Fig. 524 *cc*) und 2. die Faserung der Commissura anterior (Fig. 524 *ca*). Ausserdem dürfen Associationsfasern für beide Ammonshörner, also eine Commissura hippocampi im Psalterium fornicis angenommen werden.

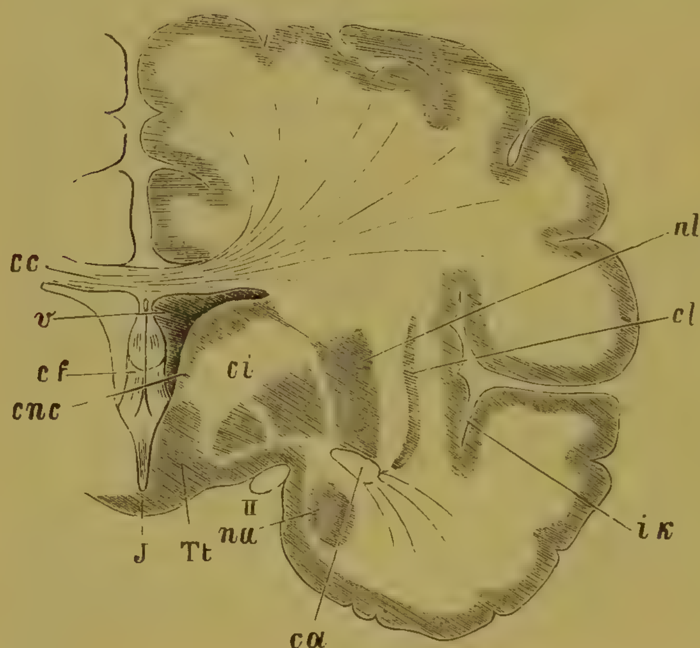



Fig. 524.

Halbschematischer Frontalschnitt des Endhirns im Gebiete der basalen Ganglien und der inneren Kapsel. Der dunkel gehaltene Aussenkontour entspricht der grauen Rinde. *cnc* Nucleus caudatus; *nl* äusseres Glied des Linsenkerns, Putamen; *cc* Corpus callosum; *ca* Commissura anterior; *v* Ventriculus lateralis; *cf* Columna fornicis; *ci* Capsula interna; *cl* Claustrum; *ik* Insula Reilii; *J* Infundibulum; *Tt* Thalamus opticus; *Na* Nucleus amygdalae; *II* Tractus opticus.

Das Corpus callosum ist als mächtige Kommissur zwischen beiden Endhirnhemisphären, das Dach der Ventrikelhöhlung bildend, ausgespannt (Fig. 527—529). Es besteht teils aus Neuriten von Pyra-

midenzellen der Rinde, teils aus Kollateralen solcher (Fig. 525), die um Zellen der ihrem Ursprunge je entgegengesetzten Hemisphäre frei endigen. Die Quelle der Balkenfaserung ist somit in beiden Hemisphären zu suchen*).

Von der Mitte des Ventrikeldaches nach beiden Seiten fächerförmig ausstrahlend (Fig. 524) verbinden die Balkenfasern in bogenförmiger Bahn verschiedene Teile beider Hemisphären untereinander. Während ihres Verlaufes kreuzen sie sich mit der Hirnstammfaserung und begeben sich schliesslich zu der Rinde der lateralen und dorsalen Hemisphärenfläche. Zahlreiche Fasern aus dem vorderen Balkenende wenden sich bogenförmig proximalwärts zu beiden Stirnlappen: Forceps anterior; ähnliche Bogen gehen aus der hinteren Balkenregion distalwärts als Forceps posterior (Fig. 523 *for*)**). Im Niveau des hinteren Thalamusabschnittes sieht man einen grossen Teil der Spleniumfasern an der Aussenwand des Seitenventrikels zu den medialen Windungen der Schläfenlappen herabsteigen (Fig. 527 und 528), wo sie in die Gegend des Alveus des Ammonshornes eintreten. Letztere Thatsache kann eruiert werden an dem jugendlichen, einige Monate alten Gehirn (Entwickelungsmethode Fig. 528), aber auch mittelst Durchschneidung oder

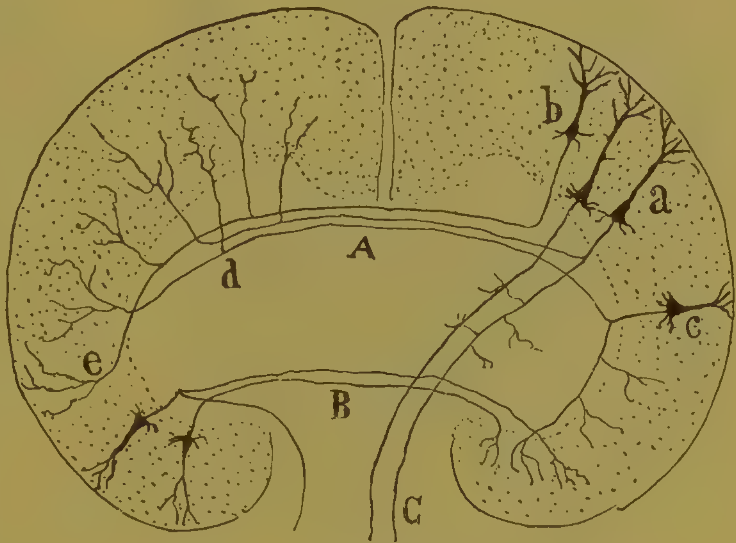



Fig. 525.
Schema eines Querschnittes durch das Gehirn, um die wahrscheinliche Anordnung der Centrifugalfasern zu zeigen. Nach *Ramón y Cajal*. *A* Corpus callosum; *B* Commissura anterior; *C* Pyramidenbahn (motorische Willkürbahn).

*) Diese Sätze werden von *Muratoff* auf Grundlage von Degenerationsbefunden gestützt (Sitzb. d. Gesellsch. d. Neuropathol. u. Irrenärzte zu Moskau 25. Septbr. 1892; vergl. auch dessen „Sekundäre Degenerationen bei Herderkrankungen der motorischen Rindenzone", Moskau 1893). Der Ursprung der Balkenfaserung aus beiden Hemisphären ergiebt sich auch aus der Thatsache, dass beim Foetus die Fasern des Balkens und wahrscheinlich auch die der vorderen Kommissur von beiden Seiten in der Richtung zur Mittellinie sich entwickeln. Die in ihrer Bahn gelegene graue Substanz unterliegt der Atrophie. Nur an der dorsalen und ventralen Seite des Balkens bleibt ein grauer Belag bestehen (*Blumenau*).

**) An dem Vorkommen eines Forceps anterior werden neuerdings von *Dejerine* Zweifel gehegt. Hierzu liegt aber kein Grund vor, denn nach Zerstörung des Stirnlappens ist nach meinen Erfahrungen die entartete Faserung des Forceps anterior und ihre Umbiegung in den anderseitigen Stirnlappen leicht zu verfolgen.

Beschädigung des Balkens (Degenerationsmethode). Auch an der Bildung der äusseren Kapsel ist der Balken zweifellos beteiligt. Endlich gehen Faserzüge vom Rostrum corporis callosi zu den basalen Stirngyri (Commissura baseos alba von *Henle*).

Die Balkenfaserung verknüpft somit die Rinde beider Hemisphären untereinander, mit Ausnahme eines Teiles der Schläfenlappen, der basalen Occipitalwindungen, sowie der grauen Substanz der Bulbi olfactorii.




Fig. 526.

Die Faserung vom Linsenkern und Thalamus zur Endhirnrinde. Schematisch dargestellt. *c.cal* Bulbus; *cs* Corpus striatum; *Th* (in der Figur fälschlich *Fh*) Thalamus; *cL* Corpus subthalamicum; *gp* Globus pallidus; *pt* Putamen; *cl* Claustrum; *fst* mittlerer Thalamusschenkel; *fl* Faserzug aus dem Globus pallidus und den Markleisten des Linsenkerns zur Rinde; *anl* Linsenkernschlinge; *fit* unterer Thalamusschenkel; *f* Fornix; *no* Nerv. opticus; *ca* vordere Kommissur; *ins* Insula Reilii; *lob.pariet.* Parietalrinde; *lob.temp.* Temporalrinde; *ci* innere Kapsel; *a* Bahnen des Schweifkerns zum Globus pallidus; *b* Bahnen zwischen Putamen und Globus pallidus; *c* Bahnen aus dem Corpus Luysii zum Globus pallidus.

Das sogen. Tapetum (Fig. 523 *tap*) gehört nur teilweise, nicht wie früher angenommen wurde, ausschliesslich zum System des Balkens. Ausser Balkenfasern enthält es Elemente des Fasciculus nuclei caudati. In Fällen von angeborenem Balkenmangel bleibt das Tapetum in der Regel unversehrt, wiewohl gleichzeitiges Fehlen desselben ebenfalls beobachtet ist. *Muratoff* fand nach Zerstörung des Corpus callosum keine Faserdegeneration im Tapetum. Da der Fasciculus nuclei caudati sich später als die Balkenfaserung entwickelt (*Bechterew*), so lassen sich die Beziehungen zwischen letzterer und dem Tapetum am kindlichen Gehirn leicht übersehen. Hier bildet der Fasciculus nuclei caudati ein zartes Marklager an der lateralen Wand des Ventrikels distal und dorsal vom Nucleus caudatus, folgt dann dem Schweif des Kerns und erzeugt einen Teil der lateralen Wand des Unterhorns (Fig. 528). Die Balkenfasern aber decken in Form einer kontinuierlichen Schicht den Fasciculus corporis caudati von aussen.

Fasern aus dem Corpus callosum verfolgte *Ramón y Cajal* zu Neuriten kleiner und grosser Pyramidenzellen oder zu Kollateralen

solcher und beobachtete nicht selten Bifurkation in dem Verlauf derselben. In einer neueren Arbeit*) meldet dieser Autor, dass die Balkenfasern ausser symmetrischen Rindengebieten mit Hilfe von Kollateralen noch viele Zellelemente der verschiedensten Schichten und Gegenden der Hirnrinde miteinander in Verbindung setzen.

Degeneration des Balkens, eine gewöhnliche Folgeerscheinung von Rindenaffektionen, ist vielfach in pathologischen Fällen beschrieben worden. Besonders lehrreich sind die bezüglichen Beobachtungen von *Onufrowitsch* und *Muratoff*. Aber auch experimentell kann sie leicht hervorgerufen werden. Jede Läsion im Gebiete der frontalen, cen-

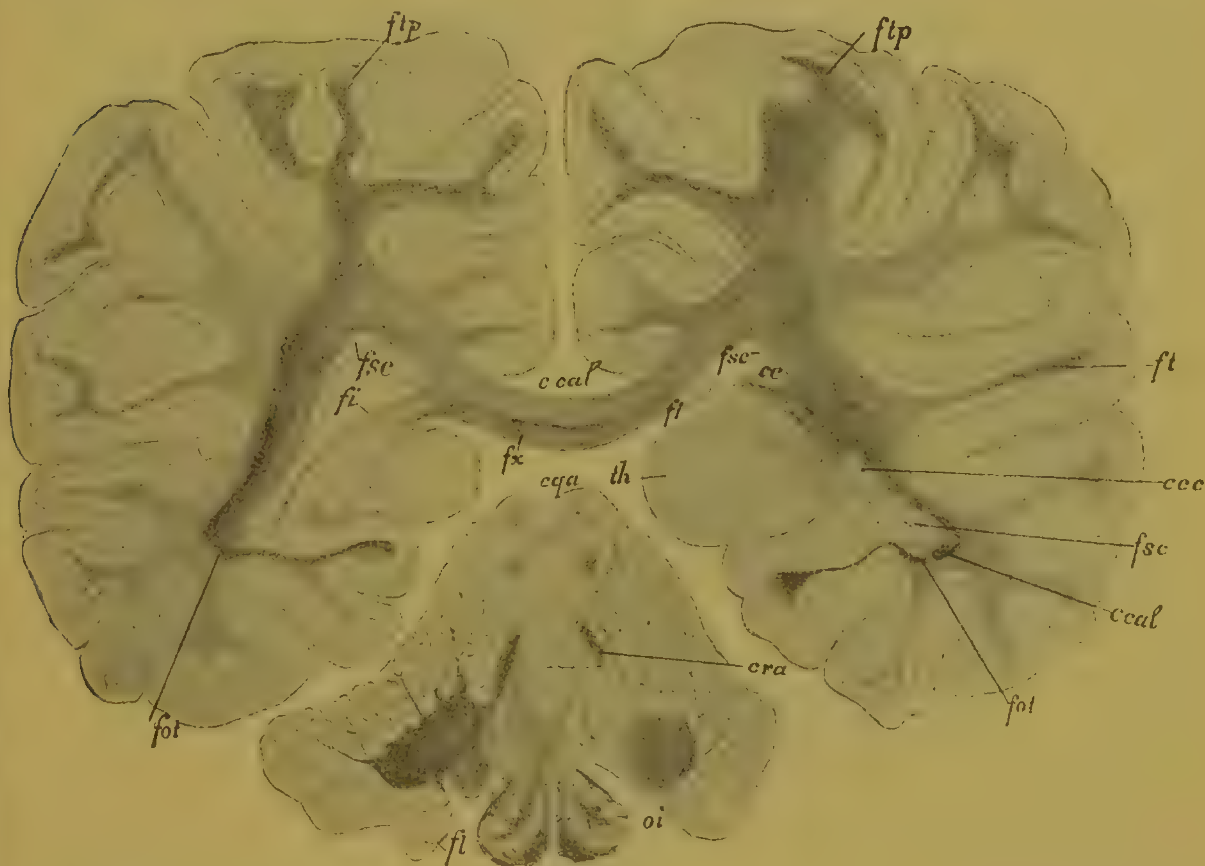



Fig. 527.
Schnitt durch den hinteren Teil des Thalamus von einem 4½ Monate alten Kinde. Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *oi* untere Olive; *fl* Pedunculus flocculi; *cra* Pedunculus cerebelli anterior; *cqa* vorderer Vierhügel; *th* Thalamus; *fx* Fornix; *fi* Fimbria; *fsc* Fasciculus subcallosus; *cc* Corpus caudatum; *ccal* Corpus callosum; *fot* Thalamusbündel zum Ammonshorn; *ccc* Schwanz des Nucleus caudatus.

tralen, parietalen oder occipitalen Rindengebiete — es liegen hierüber Versuche von *Gudden*, *Monakow*, *Langley* und *Grünbaum*, *Sherrington*, *Muratoff*, *Shukowski* und *Schipoff* (aus meinem Laboratorium) und anderen vor — wird von Balkendegeneration begleitet, die auf Sagittalschnitten von einer Hemisphäre zur andern verfolgt werden kann. Ebenso führen Beschädigungen des Gehörcentrums im

*) *Ramón y Cajal*, Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1893.

Schläfenlappen oder des Gyrus fornicatus und des Subiculum cornu Ammonis nach meinen Beobachtungen zu Degeneration eines Teiles der Balkenfaserung. In allen diesen Fällen schneiden die entarteten Fasern, fächerförmig innerhalb der Hemisphäre ausstrahlend, die Faserung des Stabkranzes und erreichen die entgegengesetzte Hirnhälfte gewöhnlich entsprechend dem Centrum der Windungen. Die Intensität der Degeneration steht dabei unmittelbar von der Ausbreitung des Rindenherdes in Abhängigkeit. Sie erscheint nämlich nach starken Beschädigungen der Hemisphäre stets beträchtlicher, als nach beschränkten Läsionen, doch bedingen auch sehr umschriebene Ver-

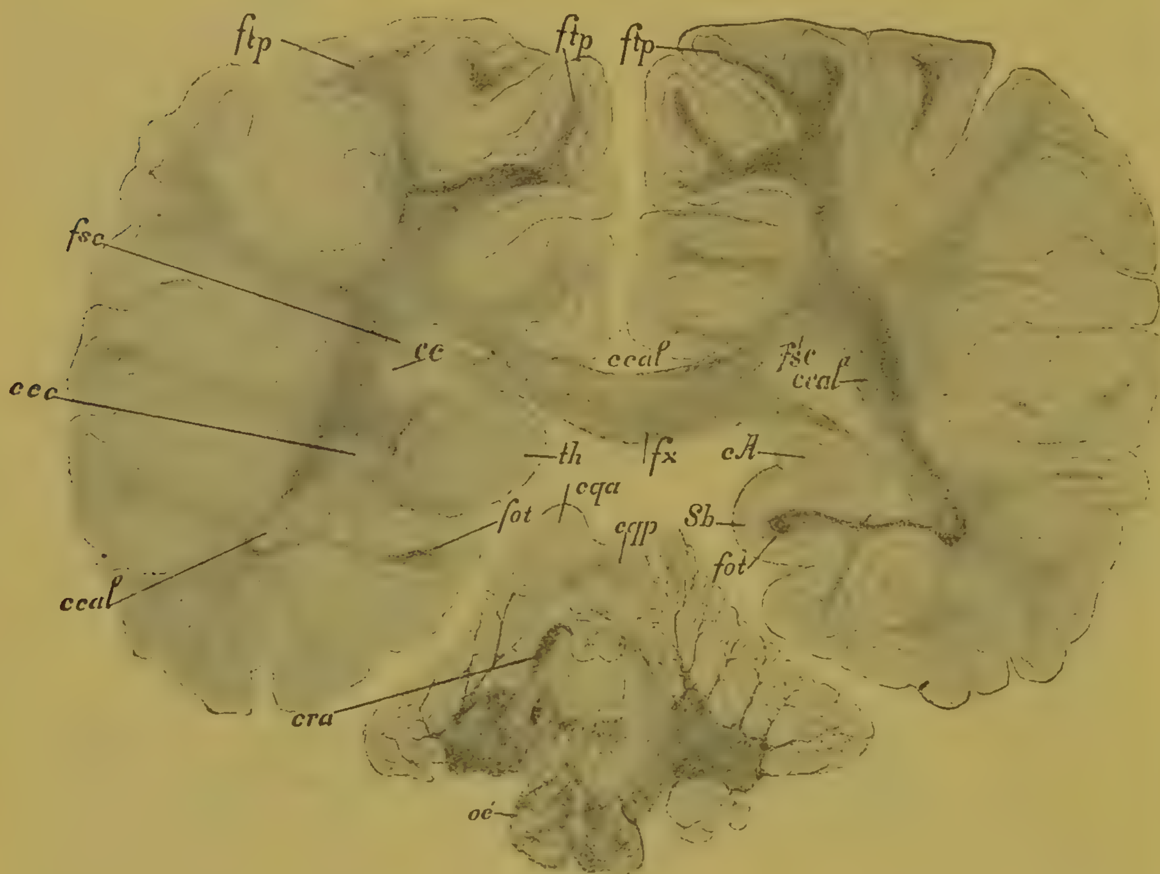



Fig. 528.

**Aus dem Gehirn eines $4^1/_2$ Monate alten Kindes.** Der Schnitt liegt rechts unmittelbar hinter dem Thalamus, links in dessen hinterem Teile. *oi* grosse Olive; *cra* vorderer Kleinhirnschenkel; *cqa* vorderer, *cqp* hinterer Vierhügel; *th* Thalamus; *fot* Thalamusbündel des Ammonshornes; *fx* Gewölbe; *cA* Ammonshorn; *Sb* Subiculum; *ccal* Corpus callosum; *ftp* Stabkranz zum Thalamus aus dem Parietallappen; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ccc* Schwanz des Nucl. caudatus.

letzungen einer Hemisphäre Degeneration sowohl entsprechender Teile der entgegengesetzten Hirnhälfte, als auch benachbarter Rindengebiete. Es zeigt sich ferner, dass die entarteten Fasern nicht nur zu symmetrischen Teilen der kontralateralen Hemisphäre verlaufen, sondern auch in anstossende Windungen eintreten, dass die Balkensysteme also neben symmetrischen Rindengebieten auch ungleichnamige benachbarte Gyri in Verbindung setzen. Dem entsprechen die erwähnten mit der *Golgi*-Methode gewonnenen Ergebnisse von *Ramón y Cajal*.

Durch den hinteren Abschnitt des Balkens treten nach neueren Ermittelungen Bahnen aus dem Gebiete der Fissura calcarina bezw. aus dem Sehcentrum zu den Gehörcentren des kontralateralen Schläfenlappens. Auch den Degenerationsbefunden zufolge verlaufen durch den hinteren Abschnitt des Balkens und den Forceps posterior Kommissurenfasern zur Verbindung beider Schläfenwindungen bezw. der Gehörcentra und beider Occipitallappen bezw. der Gyri angulares. Dies bestätigen die in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von *Larionoff* u. A., sowie die an Affen gewonnenen neuerlichen Ermittelungen von *Turner* und *Ferrier*. In den erwähnten Versuchen von

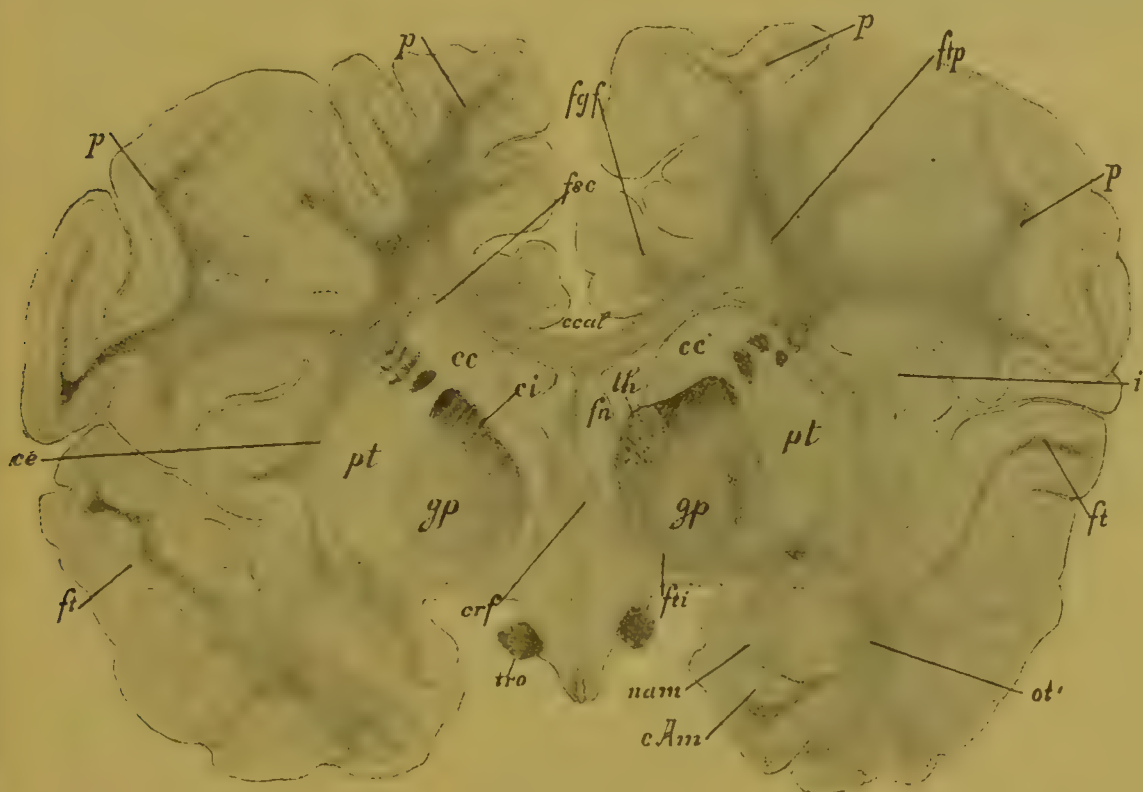



Fig. 529.

Frontalschnitt der Hemisphären eines $4^1/_2$ monatigen Kindes. Nach einem Präparat von *W. Reimers*. *cc* Corpus caudatum; *ci* innere Kapsel; *pt* Putamen; *gp* Globus pallidus; *th* Thalamus opticus; *fn* Fornix; *crf* Crus fornicis; *tro* Tractus opticus; *nam* Nucleus amygdaliformis; *cAm* Ammonshorn; *fti* unterer Thalamusschenkel; *ot* Faserzug vom Ammonshorn zum Thalamus; *ft* Acusticusfasern, in den Gyrus temporalis I eintretend; *i* Insula Reilii; *p* Pyramidenbahn; *ftp* Stabkranzfasern des Thalamus aus der Parietalrinde; *fgf* Fasciculus gyri fornicati; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ce* Capsula externa.

*Larionoff* liess sich nach Beschädigung der Hörsphäre des Schläfenlappens die Degeneration durch den Balken hindurch zur Hörsphäre der anderen Seite verfolgen. Es folgt hieraus, dass im Corpus callosum Verbindungsbahnen zwischen den Gehörcentren beider Temporallappen hindurchgehen.

Dass die Rindenbahnen zur inneren Kapsel und zu den Ganglien im Corpus callosum stärkere Kreuzungen eingehen sollen (*Hamilton*, *Marchi*), hat bisher von anderen Beobachtern nicht bestätigt werden

können. In Fällen von Balkendegeneration nach unilateralen Rindenbeschädigungen ist in der That keine Faserentartung in der inneren Kapsel von den Autoren gefunden worden. Ebensowenig soll dieser Nachweis nach Durchschneidung des Balkens gelingen. Ja nicht einmal Mangel des Corpus callosum führt zu Atrophie der Capsula interna, ein Umstand, der augenscheinlich der Annahme kreuzender Fasern in jenem nicht günstig ist.*) Neuerliche in meinem Laboratorium angestellte Versuche von *Jürmann* haben jedoch gezeigt, dass Rindenbeschädigungen insbesondere über der Fossa Sylvii neben Faserdegeneration in der Rinde beider Hemisphären, in der inneren Kapsel und im Hirnschenkel der gleichen Seite auch solche in einem Teile

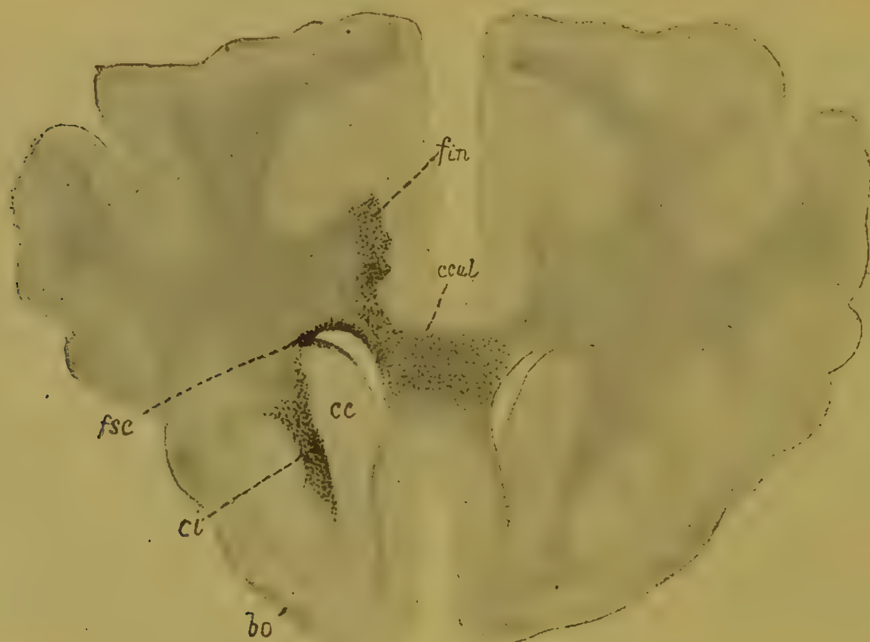



Fig. 530.

Durchschnitt eines Hundegehirns nach Zerstörung des Frontallappens. Nach einem *Marchi*-Präparat von *Shukowski*. *fin* Cingulumfaserung; *ccal* vorderer Teil des Balkens; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ci* Capsula interna — sämtlich degeneriert; *cc* Corpus caudatum; *bo* Bulbus olfactorius.

der kontralateralen inneren Kapsel und des kontralateralen Hirnschenkels involvieren und zwar in korrespondierenden Gebieten des letzteren. Nach Läsionen des Gehörcentrums auf einer Seite mit Beschädigung der Opticusbahnen entwickelt sich den Beobachtungen von *Larionoff* (mein Laboratorium) zufolge im Gehirnstamme nicht allein Degeneration der Acusticus- und Opticusbahnen der gleichen, sondern auch der entgegengesetzten Seite. In beiden Fällen konnte ein Übertritt der entarteten Faserzüge durch das Corpus callosum in die kontralaterale innere Kapsel verfolgt werden.

*) *Onufrowitsch* im Archiv f. Psych. Bd. XVIII, Heft 2, und *Kaufmann*, ibidem XVIII, Heft 3 und Bd. XIX, Heft 1.

In der Reihe der Säugetiere geht die Entwickelung des Hirnbalkens Hand in Hand mit der Ausbildung der Hemisphären. Dem entspricht seine Mächtigkeit bei dem Menschen. Den niederen Vertebraten fehlt ein eigentliches Corpus callosum, wohl aber besitzen sie eine Commissura hippocampi.

Bezüglich des Faserverlaufes in der vorderen Kommissur gehen die Ansichten noch einigermassen auseinander. Nach *Edinger* soll die vordere Kommissur nur solche Rindenteile miteinander verbinden, die zu dem Riechapparate in Beziehung stehen. Ein Bündel, als Pars olfactoria schon seit langem bekannt, verknüpft beide Lobi olfactorii (Fig. 532); ein zweites (hinteres) ist zwischen den Kaudalenden beider Ammonshörner ausgespannt; ein drittes (*Rabl-Burckhard*) verbindet die Rinde der Gyri fornicati. Ein weiteres Bündel der Kommissur erhebt sich (*Edinger*) zu der Stria cornea zwischen Thalamus und Schweifkern (Kommissurenteil der Stria cornea). *v. Kölliker* unterscheidet in der vorderen Kommissur 1. eine Pars olfactoria, 2. eine Pars posterior, durch die äussere Kapsel zum Lobus pyriformis verlaufend, und 3. eine kleine dem Corpus striatum angehörende Abteilung.

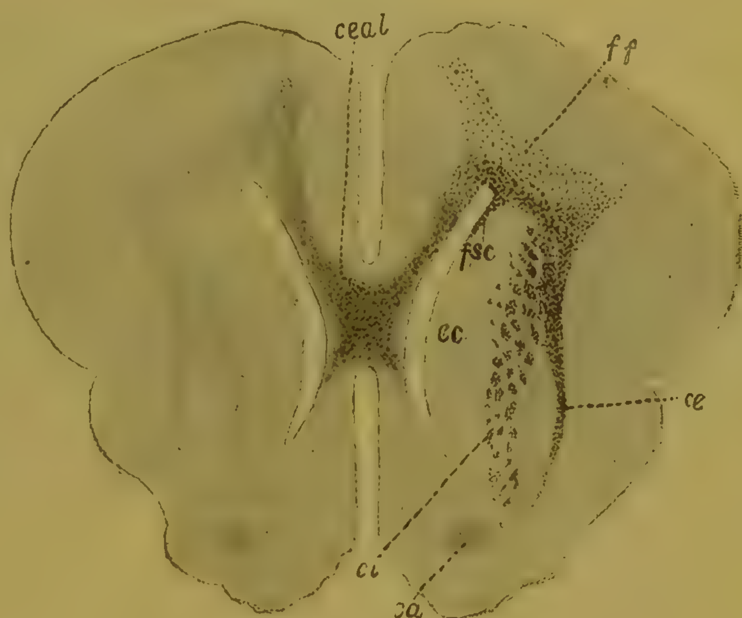



Fig. 531.
Durchschnitt eines Hundegehirns nach Zerstörung des Stirnlappens. Nach einem *Marchi*-Präparat von *Shukowski*. *ceal* Balken; *ff* Stirnlappenfaserung; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ce* äussere Kapsel; *ci* innere Kapsel — sämtlich degeneriert; *ca* vordere Kommissur; *cc* Corpus caudatum.

Noch bis in die jüngste Zeit behauptete sich der von *Ganser* aufgestellte Satz, die vordere Kommissur diene zur gegenseitigen Verbindung der beiden Schläfenlappen. Diese Darstellung vermag aber vor den gegenwärtigen Erfahrungen nicht stand zu halten. Ausser Fasern, welche die Riechlappen bezw. das Grau der Pedunculi olfactorii verknüpfen, enthält nämlich die Kommissur höchstwahrscheinlich Elemente, die zwischen den hinteren bezw. disto-basalen Hemisphärengebieten und teilweise auch zwischen den Stirnlappen eine Verbindung herstellen. Hierbei erweisen sich die Pars olfactoria s. anterior auf der einen Seite, und die Hemisphärenfasern bezw. die Pars posterior

commissurae anterioris (Fig. 532) auf der anderen Seite zweifellos als gänzlich voneinander unabhängige Systeme. Manches deutet ferner darauf hin, dass Bestandteile der vorderen Kommissur auch ungleichnamige Hemisphärengebiete verknüpfen können.

Die genauesten Aufschlüsse über die in Rede stehenden Verhältnisse sind teils mit Hilfe der Degenerations-, teils mit Hilfe der Atrophiemethode gewonnen worden. Vor allem sind hier die Untersuchungen *v. Guddens* zu nennen. Bei einem neugeborenen Kaninchen, dem ein Teil einer Hemisphäre über dem Thalamus und dem Streifenhügel entfernt worden war, konnten nach Ablauf von 7 Wochen keine




Fig. 532.

**Sagittalschnitt vom Kaninchenhirne etwas lateral von der Mittellinie.** Zur Erläuterung eines Teiles des **Riechapparates** etc. Eine grosse Anzahl der abgebildeten Fasern fällt in die Schnittebene und ist hier nach den Präparaten eingezeichnet. Ein kleiner Teil (Fornixsäule u. a.) ist nach weiter seitlich liegenden Schnitten in die gleiche Ebene übertragen worden. Nach *v. Kölliker* und *Edinger*.

Veränderungen in der vorderen Kommissur nachgewiesen werden. Letztere kann hiernach mit der Rinde der konvexen Endhirnoberfläche, dem Einstrahlungsgebiete der Balkenfasern, in keinen näheren Beziehungen stehen. Ein anderer Versuch mit fast totaler Abtragung einer Hemisphäre führte zu völliger Atrophie des Balkens und der vorderen Kommissur. Die äussere Kapsel erschien hierbei grösstenteils unversehrt, könne also, wie *Gudden* bemerkt, wenigstens was die Hauptmasse ihrer Fasern betrifft, nicht zur Kommissur gehören; sie erhalte von letzterer nur einen schwachen Faserzug, bestehe aber im

übrigen aus Fasern, die im Lobus pyriformis und in den distalen Rindengegenden ihren Ursprung nehmen.

Jener von *Ganser* aufgestellte und von vielen Autoren angenommene Satz, die vordere Kommissur strahle fächerförmig in die Rinde der Schläfenlappen ein, hat durch die pathologisch-anatomischen Erhebungen von *P. Flechsig* und *N. Popoff* eine Widerlegung gefunden. In einem von letzterem aus der *Flechsig*schen Klinik veröffentlichten Fall bestand auf der linken Seite Erweichung des Gyrus lingualis und des distalen Randes des Gyrus occipito-temporalis, die nach vorne bis zum Gyrus hippocampi, nach innen fast bis zur Fissura calcarina sich erstreckte. Rechts erschien der Erweichungsherd weniger ausgedehnt, aber von etwa derselben Lagerung wie links, nämlich im

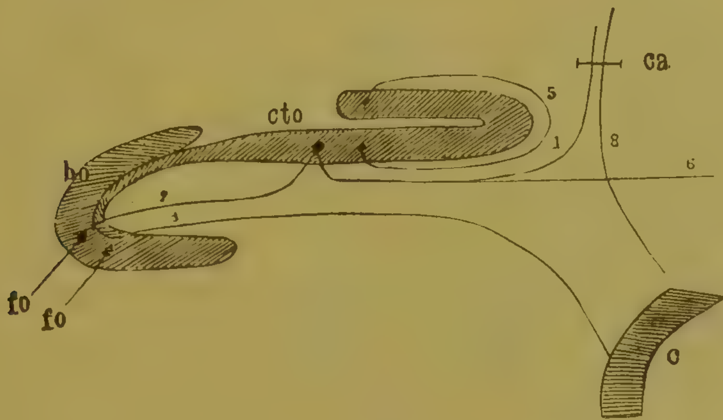



Fig. 533.

Schema der Olfactoriusbahnen. *fo*, *fo* Fila olfactoria; *bo* Bulbus olfactorius; *cto* Grau des Tractus olfactorius; *c* Rinde des Schläfenlappens; *ca* vordere Hirnkommissur. Die Faser 2 entspringt im Bulbus und endigt in der Rinde des Tractus olfactorius; die Faser 6 geht aus dem Bulbus olfactorius direkt zum Thalamus opticus; 3, 7 Fasern der lateralen Wurzel des Tractus olfactorius, aus dem Bulbus und Tractus zur Schläfenrinde verlaufend; 1 und 8 Fasern der vorderen Kommissur, erstere aus dem Bulbus olfactorius herkommend; 5 Faser aus der Rinde des Bulbus olfactorius zur Rinde des Riechlappens (sog. obere Wurzel des Bulbus olfactorius).

Gyrus lingualis, medial von der Fissura calcarina, lateral von der Kollateralfurche, proximal vom Gyrus hippocampi begrenzt. In der Tiefe gingen die Veränderungen beiderseits bis an die Wandung des Seitenventrikels. Die Schläfenlappen, die Insula Reilii und die vordere Kommissur erschienen unbeschädigt. Bei der genaueren Untersuchung erwies sich letztere nichtsdestoweniger in ihrer gesamten hinteren Abteilung, also nur mit Ausnahme ihrer Pars olfactoria, in auffallendem Grade degeneriert. Die Darstellung *Gansers* wird auf Grundlage dieses Befundes für unhaltbar erklärt und der Nachweis geführt, dass die vordere Kommissur vorwiegend die Gyri linguales miteinander in Verbindung setze. In einem anderen Fall, den *Flechsig* mitteilt, wo sich ein ganz ähnlicher, einseitiger Erweichungsherd von etwas grösserer Ausdehnung vorfand, wurde ebenfalls Schwund der grössten Hälfte der Kommissur nachgewiesen. Die Degeneration der letzteren

war in diesem Falle weniger intensiv, als in dem ersterwähnten, weil hier nur eine, dort aber beide Ursprungsstätten der Commissura anterior beschädigt waren (*Flechsig*).

In einem gewissen Gegensatz zu diesen Angaben von *Flechsig* und *Popoff* stehen die Befunde von *Henschen* und *Dejerine*. Andererseits konnte *Ponjatowski* durch das Experiment eruieren, dass bei Durchtrennung der vorderen Kommissur ihre distale Abteilung gleichmässig nach beiden Seiten hin degeneriere, dass die Degeneration aber keine vollständige sei, was auf eine Abstammung der Kommissurenfasern von beiden Hemisphären hinweise. In einem Versuche mit unilateraler Durchschneidung der Pars posterior commissurae anterioris verliefen degenerierte Fasern jenseits der Kommissur lateralwärts teilweise zur äusseren Kapsel, andere längs dem Unterrande der letzteren nach hinten, ebenfalls mit Abzweigungen zur Capsula externa; einige Bündel endlich zogen proximalwärts zum vorderen Teil der Capsula externa und weiterhin zum Stirnlappen. Nach Zerstörung der konvexen Oberfläche des Stirnlappens beobachtete *Ponjatowski* ausser Degeneration der Balkenfaserung solche der frontalen Kommissurenbündel und nimmt daher an, dass die frontalen Balken- und Kommissurenfasern nicht in verschiedenen, sondern in den nämlichen Gebieten der Stirnlappenrinde ihren Ursprung haben und dass die Commissura anterior nicht als einfache Ergänzung des Balkens anzusehen sei. In dem in Rede stehenden Versuch verfolgten die entarteten Fasern auf der anderen Seite grösstenteils nicht dieselbe Bahn, wie auf der Seite der Verletzung; die frontalen Kommissurenbündel zeigten hier nur wenige Myelinschollen, vielmehr betraf die Degeneration hauptsächlich die auf der Seite des Eingriffes völlig normale hintere Abteilung der Commissura anterior: die dorso-medialen Kommissurenfasern sowie ihre lateralen Fortsetzungen am unteren Rande der Capsula externa und in letzterer selbst wurden entartet gefunden. Wurden umgekehrt die hinteren Kommissurenbündel an dem unteren Rande des hinteren Schenkels der inneren Kapsel beschädigt, so entarteten die frontalen Bündel der Pars posterior commissurae anterioris auf der entgegengesetzten Seite, während die kontralateralen hinteren Bündel weit geringere Veränderungen darboten und auf der Seite des Eingriffes gänzlich unversehrt erschienen. Nach alledem äussert sich der genannte Autor dahin, dass in der Pars posterior der Commissura anterior ausser Verbindungsfasern gleichnamiger Hemisphärengebiete Bündel vorkommen, die von dem Stirnlappen der einen zu distal gelegenen Abschnitten der anderen Hemisphäre verlaufen, ja dass letztere über die ersterwähnte Art von Fasern quantitativ überwiegen. Zugleich wird die Annahme *Marchis*, die vordere Kommissur enthalte Bahnen vom Lobus olfactorius zu distalen Windungen (Gyrus lingualis) der

entgegengesetzten Hemisphäre, auf Grundlage der angeführten Experimente nicht als zutreffend befunden.

Zerstörung der Stirnlappen hat nach Versuchen, die von *Shukowski* in meinem Laboratorium angestellt worden sind, Degeneration eines besonderen Faserzuges zur Folge, welcher durch die vordere Abteilung der Capsula externa zur Commissura anterior und hierauf zu der Rinde des kontralateralen Stirnhirns verläuft (Fig. 534 u. 535 *ce*). Doch konnte, vielleicht infolge der geringen Ausdehnung der Beschädigung, hier ein Eintritt von Kommissurenfasern aus dem Stirnlappen in distale Gebiete der entgegengesetzten Hemisphäre nicht nachgewiesen werden. Beschädigungen des Schläfenlappens im Gebiete der Gehörcentra haben, wie mir Untersuchungen von *Larionoff* (mein Laboratorium) gezeigt haben, keinerlei Degeneration in der vorderen Hirnkommissur zur Folge.

Die Commissura anterior erscheint gewissermassen als Ergänzung der Balkenfaserung. Sie wird, wo das Corpus callosum fehlt, nicht selten ebenfalls vermisst oder unentwickelt gefunden.

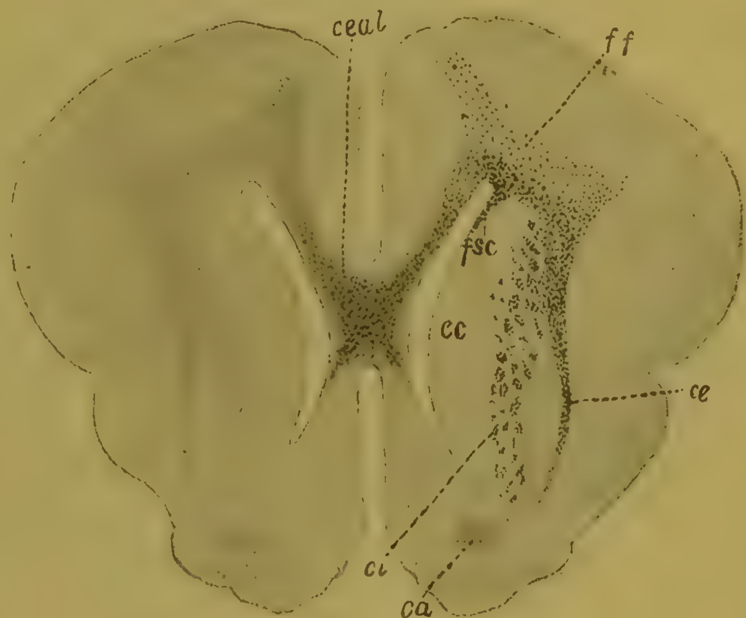



Fig. 534.

Durchschnitt eines Hundegehirns nach Zerstörung des Stirnlappens. Nach einem *Marchi*-Präparat von *Shukowski*. *ceal* Balken; *ff* Stirnlappenfaserung; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ce* äussere Kapsel; *ci* innere Kapsel — sämtlich degeneriert; *ca* vordere Kommissur; *cc* Corpus caudatum.

Ein wenig bekanntes Kommissurensystem in der Faserung des Psalterium ist hier kurz zu erwähnen. Das Psalterium enthält kreuzende Fornixfasern, die als Fimbria aus dem Ammonshorne herkommen, daneben aber zweifellos auch Kommissurenfasern. Letztere verknüpfen, von der einen auf die andere Seite verlaufend, beide Ammonshörner miteinander. Bei den osmatischen Geschöpfen scheinen sie wesentlich stärkere Entwickelung zu besitzen, als bei dem Menschen. Das Vorkommen von Kommissurenfasern zwischen beiden Ammonshörnern im Gebiete des Psalterium kann auch durch Degenerationsbefunde gestützt werden. In den Untersuchungen von *Schipoff* (mein Laboratorium) wurde nämlich im Anschlusse an Beschädigungen eines Ammonshornes Degeneration eines Teiles der Psalteriumfaserung bis zu dem Ammonshorn der entgegengesetzten Seite beobachtet.

Die eigentlichen Associationsbahnen setzen, wie schon erwähnt wurde, verschiedene Teile einer Hemisphäre unter einander in Verbindung. Sie zerfallen bekanntlich in lange und kurze Systeme, je nachdem entlegene Bezirke, angrenzende Windungen oder auch Teile einer und derselben Windung durch dieselben verbunden werden.

Ihrem Ursprunge nach erscheinen die Associationsbahnen, ähnlich wie der Balken und die vordere Kommissur, als Neuriten kleiner und grosser Rindenpyramiden oder als Kollateralen solcher. Sie geben unterwegs für gewöhnlich einige Reiser an die Hirnrinde ab, sei es, dass sie in deren molekulärer oder äusserer Schicht, sei es schon im Marke oder an der Grenze beider zur Endverästelung kommen. Im

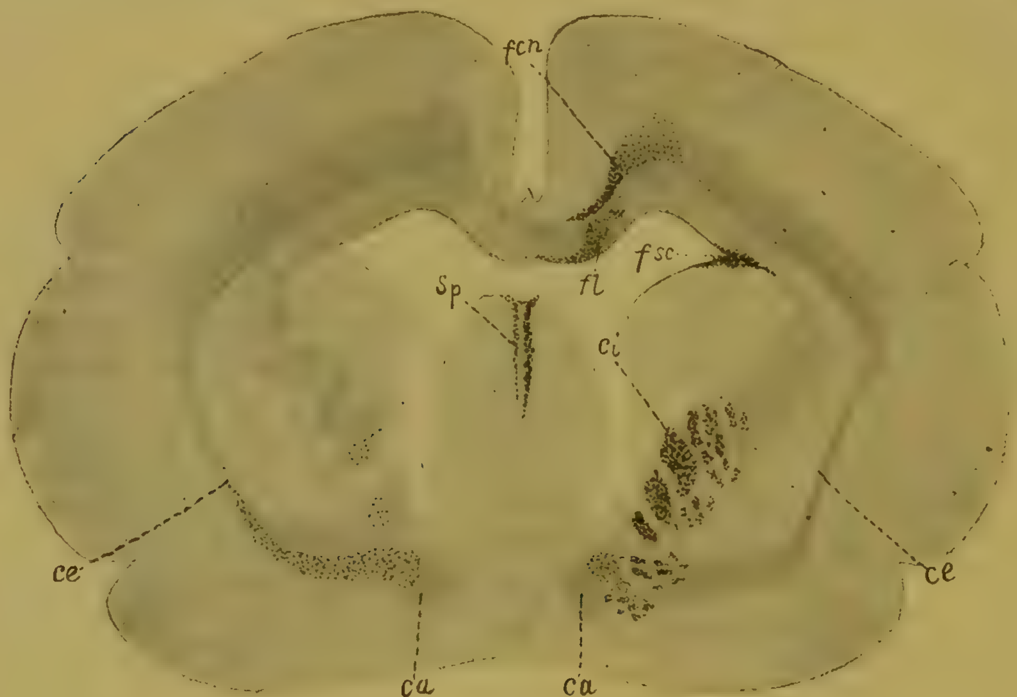



Fig. 535.

Vom Hunde, nach Zerstörung des Stirnlappens. Nach einem *Marchi*-Präparat von *Shukowski*. *fcn* Cingulum; *fl* Fornix longus auf seinem Wege durch den Balken; *fsc* Fasciculus subcallosus; *sp* Fornixfasern im Septum; *ci* Capsula interna — sämtlich in Degeneration; *ce* Capsula externa; *ca* Commissura anterior, bei ihrem Übergange in die äussere Kapsel links, z. T. auch rechts entartet. Methode von *Marchi*.

Marke gewinnen diese Reiserchen Beziehungen zu absteigenden Dendriten von Rindenzellen (*Ramón y Cajal*).

Als lange Associationssysteme zwischen entfernteren Gebieten der Endhirnrinde sind zu nennen:

1. Der Fasciculus longitudinalis superior. Erstreckt sich vom Stirnlappen längs der ganzen Hemisphäre zum Occipital- und teilweise auch zum Schläfenlappen (Fig. 536). Schon *Burdach* war das Bündel nicht unbekannt. Es verläuft in der Richtung des Gyrus frontalis II, und zwar, wie mir die Untersuchung eines Falles mit ausgedehnter Destruktion des Stirnhirns und Degeneration des Fasciculus

longitudinalis superior gezeigt hat, in den tieferen Teilen des Markes, etwa in der Mitte zwischen dem Dache der Seitenventrikel und der Hemisphärenoberfläche, wo es durch Präparation nicht leicht darstellbar ist. Der Lobus occipitalis und temporalis werden von ihm mit dem Lobus frontalis und mit dem motorischen Rindenfelde verbunden. Degeneration des Bündels kann bei Tieren durch Beschädigung der Stirnlappenrinde leicht hervorgerufen werden.

2. Der Fasciculus longitudinalis inferior (Fig. 536) folgt der lateralen Seite des Hinterhorns und der Wand des Unterhorns (Fig. 523 *f. i.*) und ist an geeigneten, seiner Richtung entsprechenden Durchschnitten ohne Mühe nachweisbar. Er setzt den Lobus occipi-

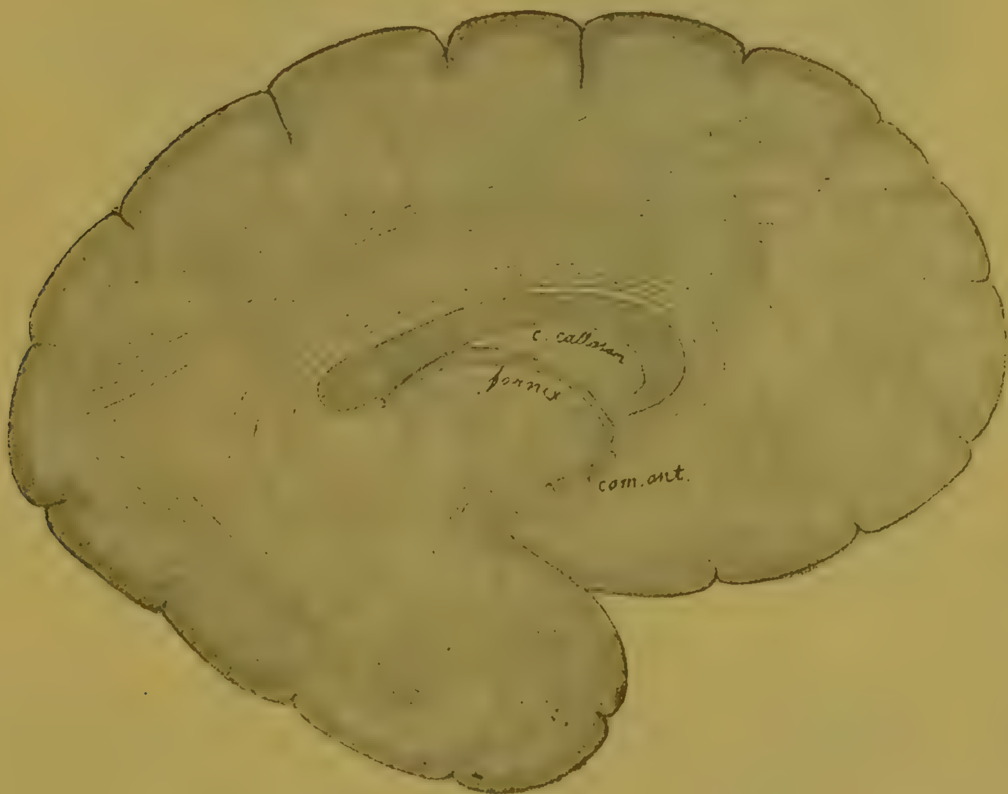



Fig. 536.

Schematisches Übersichtsbild über die Anordnung der grossen Verbindungsbahnen zwischen entlegenen Regionen der Endhirnrinde. Das obere Faserbündel bezeichnet den Fasciculus longitudinalis superior, das bogenförmige über dem Corpus callosum — das Cingulum (in Wirklichkeit besteht dieses aus kürzeren Elementen, im Schema ist nur die Richtung des ganzen Cingulum angedeutet), das untere längs der basalen Fläche des Schläfenlappens — den Fasciculus longitudinalis inferior; das untere vom Schläfenlappen in scharfem Bogen gegen die Stirnlappenregion hin ausstrahlende Faserbüschel soll den Fasciculus uncinatus darstellen.

talis mit dem Lobus temporalis in Verbindung, bezw. das Sehcentrum mit dem Centrum der akustischen Worterinnerungsbilder. Unterbrechung seiner Bahn führt daher zu Wortblindheit (*Dejerine* und *Vialet*). Nach Ansicht einiger Autoren sendet der Fasciculus longi-

tudinalis inferior einen Teil seiner Fasern zur äusseren Kapsel (zum Sprachcentrum?)*)

3. Der Fasciculus uncinatus (Fig. 536) verläuft vom Schläfenlappen rings um die Insula Reilii durch das Claustrum und die äussere Kapsel zu den lateralen Teilen des Stirnlappens, insbesondere zur Gegend des Gyrus frontalis III. Dieses Bündel, in dessen Bahn das Claustrum (Fig. 451 *cl*) eingelagert ist, dient offenbar zur gegenseitigen

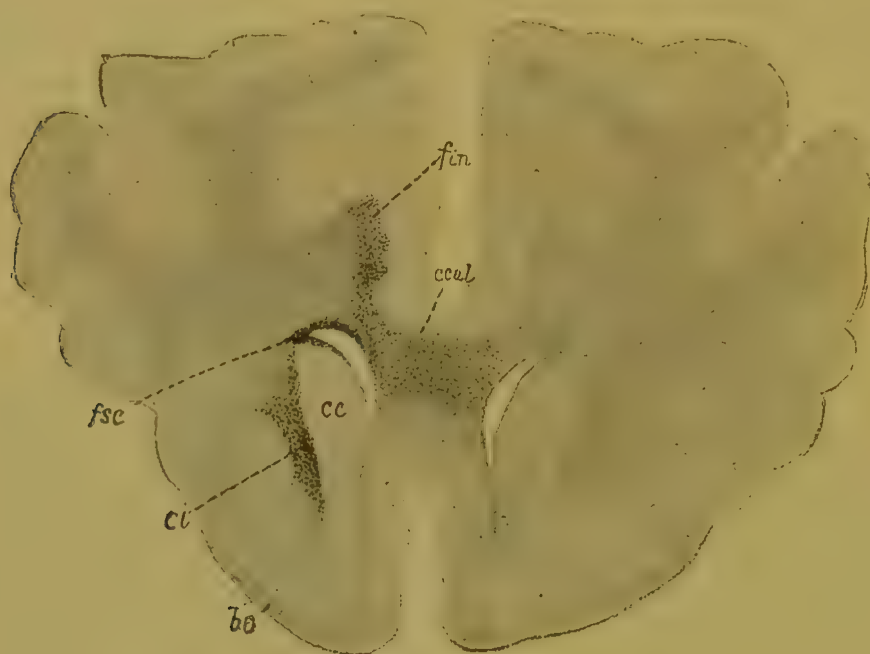



Fig. 537.
Durchschnitt eines Hundegehirns nach Zerstörung des Frontallappens. Nach einem *Marchi*-Präparat von *Shukowski*. *fin* Cingulumfaserung; *ccal* vorderer Teil des Balkens; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ci* Capsula interna — sämtlich degeneriert; *cc* Corpus caudatum; *bo* Bulbus olfactorius.

Verbindung der um die *Reil*sche Insel gelegenen Windungszüge, namentlich des Gehörcentrums mit dem Sprachcentrum und höchstwahrscheinlich auch mit dem Centrum der Hand (Schriftbilder). Degeneration desselben ist beim Hunde nach Beschädigung des Gehörcentrums, wie

*) Nach *Flechsig* liegt in dem Fasc. longitudinalis inferior keine occipito-temporale Associationsbahn vor, wie gewöhnlich angenommen wird, vielmehr steht derselbe hinten mit der Sehsphäre, vorne mit dem Thalamus in Beziehungen. In bogenförmiger Bahn umsäumt er das Unterhorn von aussen und hinten und zieht hierbei um den Mandelkern. Im Thalamus wird der schalenförmige Körper und der Hauptkern (*Flechsig*) von ihm erreicht. So erscheint denn der Fasc. longitudinalis inferior nach *Flechsigs* Darstellung lediglich als ein Zweig der *Gratiolet*schen Sehstrahlung, während von der Sehsphäre zu den Acusticuscentren andere Bahnen führen. An Präparaten des kindlichen Gehirns, die von *W. Reimers* in meinem Laboratorium gefertigt wurden, sah ich einen Faserzug, aussen-hinten um das Unterhorn biegend, aus dem Subiculum cornu Ammonis zum Sehhügel hinziehen, doch vermochte ich eine Verbindung des Sehcentrums mit dem Thalamus durch den Schläfenlappen nicht zu ermitteln.

Untersuchungen in meinem Laboratorium gezeigt haben, leicht nachweisbar.

4. Das Cingulum s. Fasciculus gyri cinguli (Fig. 536), bereits seit *Burdach* bekannt, beginnt in der Gegend der Substantia perforata anterior, verläuft unterhalb des Gyrus fornicatus in ganzer Ausdehnung des letzteren und wendet sich an dem Subiculum entlang

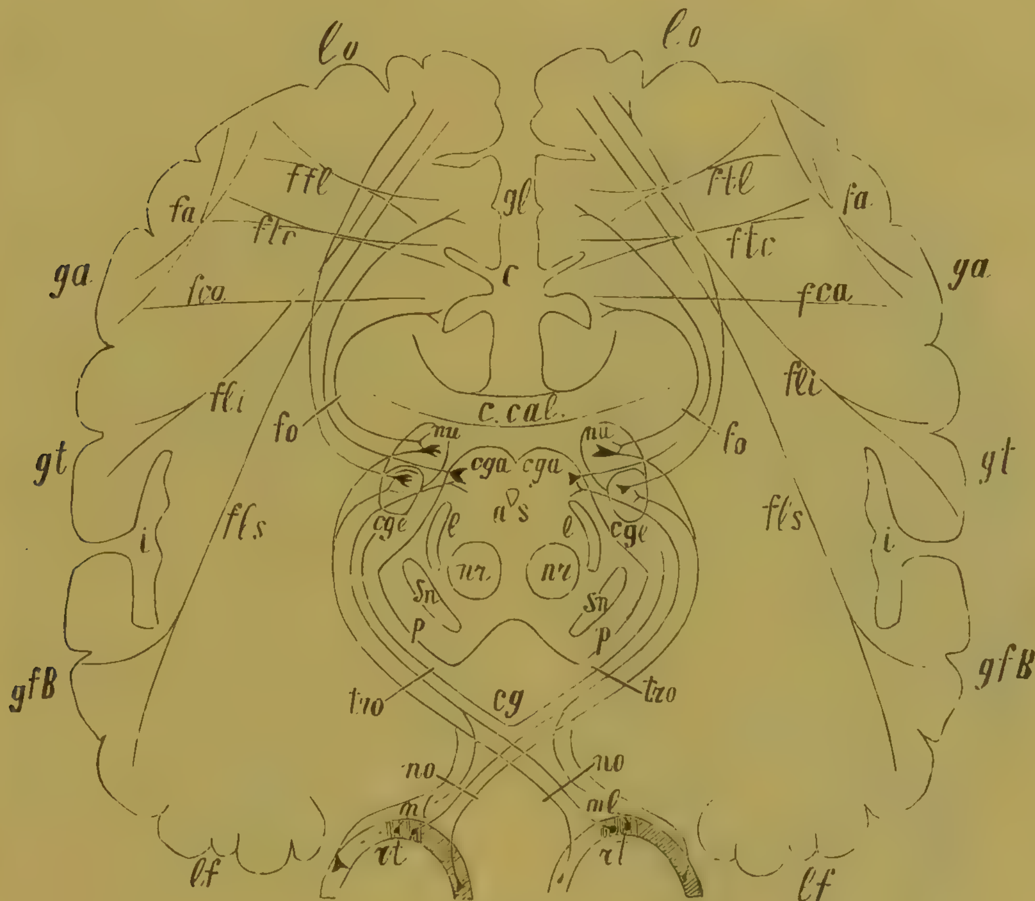



Fig. 538.

Verlauf der optischen Leitungsbahn von der Netzhaut bis zu den kortikalen Sehcentren und Verbindungen der letzteren mit anderen Regionen der Endhirnrinde. Schema. *rt* Netzhaut; *ml* gelber Fleck; *no* Sehnerv; *tro* Tractus opticus; *cg* *Gudden*sche Kommissur; *cge* lateraler Kniehöcker; *cga* vorderer Vierhügel; *nu* Pulvinar; *fo* *Gratiolet*sche Sehstrahlung; *as* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *l* Schleife; *sn* Subst. nigra; *p* Grosshirnschenkel; *c.cal* Balken; *c* Cuneus; *gl* Gyrus lingualis; *lo* Lob. occipitalis; *ga* Gyrus angularis; *gt* Gyrus temporalis (Gegend des Gehörcentrums); *i* *Reil*sche Insel; *gfB* *Broca*sche Windung (Sprachcentrum); *lf* Stirnlappen; *fa* Verbindung des Sehcentrums mit dem Centrum der optischen Wortbilder; *fli* Fasciculus longitudinalis inferior, verbindet das Sehcentrum mit dem Centrum der akustischen Wortbilder; *fls* Fasc. longit. superior, verbindet Seh- und Sprachcentrum untereinander; *ftl*, *ftc* Faserzüge von *Sachs* und *Vialet*, zur Verbindung des Gyrus lingualis und Cuneus (Sehcentrum) mit dem Centrum der optischen Erinnerungsbilder an der lateralen Fläche des Occipitalhirns; *fca* Verbindung des Sehcentrums (Perception) mit dem Centrum der optischen Wortbilder.

zur Spitze des Ammonshornes. Das Bündel zerfällt (*Beevor*) in drei Teile: 1. eine Pars horizontalis über dem Balken, 2. eine Pars anterior, proximal vom Genu corporis callosi und 3. eine Pars posterior hinter dem Splenium. Der horizontale Teil besteht nach dem genannten Autor aus kürzeren Fasern, die sich aus dem Gyrus fornicatus zum

Centrum semiovale, also zur konvexen Hemisphärenoberfläche begeben; die Pars anterior verbindet die Anfangsteile der Bulbi olfactorii mit dem Stirnlappen, die Pars posterior den Gyrus hippocampi mit der ventralen Fläche des Schläfenlappens. Anderen Untersuchungen zufolge verknüpft der horizontale Abschnitt des Cingulum die motorische Zone mit gewissen Windungen der konvexen Hirnoberfläche.

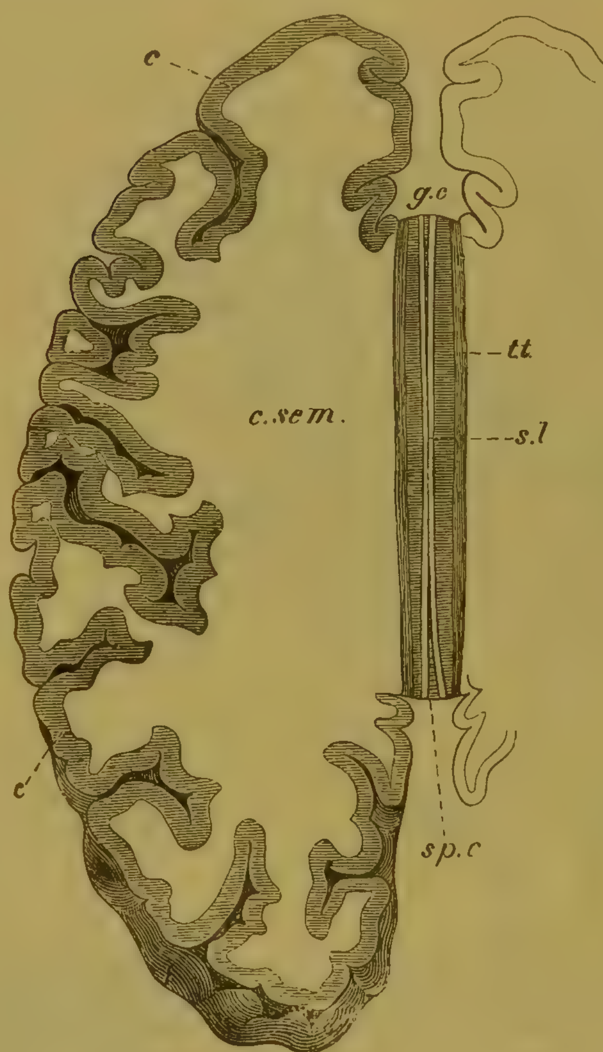



Fig. 539.
Horizontalschnitt durch die linke Hemisphäre des Endhirns unmittelbar über der oberen Fläche des Balkenkörpers. c, c graue Endhirnrinde; *c.sem* weisses Centrum semiovale; *g.c* Balkenknie; *sp.c.* Balkenwulst; *s.l.* Striae longitudinales mediales; *t.t.* Striae laterales.

Über Degeneration des Cingulum liegen Beobachtungen von *Beevor*, *Muratoff* und von *Shukowski* und *Schipoff* (aus meinem Laboratorium) vor. Nach Durchschneidungen geht *Beevors* Ermittelungen zufolge nicht die ganze Masse des Bündels in Degeneration über, was durch Befunde *Schipoffs* nach Zerstörung des Gyrus fornicatus bestätigt wird. *Muratoff* fand Faserentartung im Cingulum nach Beschädigungen des motorischen Rindenfeldes, *Shukowski* nach solchen des Stirnlappens (Fig. 535 *fcn*, Fig. 537 *fin*). Die Präparate des zuletzt Genannten zeigten, wie ich bestätigen kann, eine allmähliche Abnahme der Degeneration in der Richtung von vorne nach hinten, was offenbar so zu verstehen ist, dass die Elemente des Cingulum nicht überall dieselbe Länge besitzen.

Zu den langen Associationsbahnen gehört ferner der Fasciculus verticalis von *Wernicke*. Das Bündel verläuft von den oberen Teilen des Occipitallappens und des Lobulus parietalis inferior vertikal nach unten zum Gyrus fusiformis. Über sein sonstiges Verhalten fehlen genauere Angaben. Nach Beschädigungen im Gebiete des Gehör-

centrums fand *Larionoff* (mein Laboratorium) beim Hunde Degeneration eines langen Faserzuges, welcher von der ventralen Seite her um das Hinterhorn biegt und aus der Gegend des Gehörcentrums zu dem Subiculum cornu Ammonis hin verläuft. Andere Faserzüge der nämlichen Gegend erschienen über dem Hinterhorne degeneriert und liessen sich zu dem hinteren Abschnitt des Gyrus fornicatus verfolgen. Nach den genannten Untersuchungen führen Beschädigungen des Gehörcentrums schliesslich zu Degeneration von Faserzügen, die sich zum Occipitallappen und zwar augenscheinlich zu dem Sehcentrum, sowie zu den äusseren Windungen des Stirnlappens begeben (s. oben).

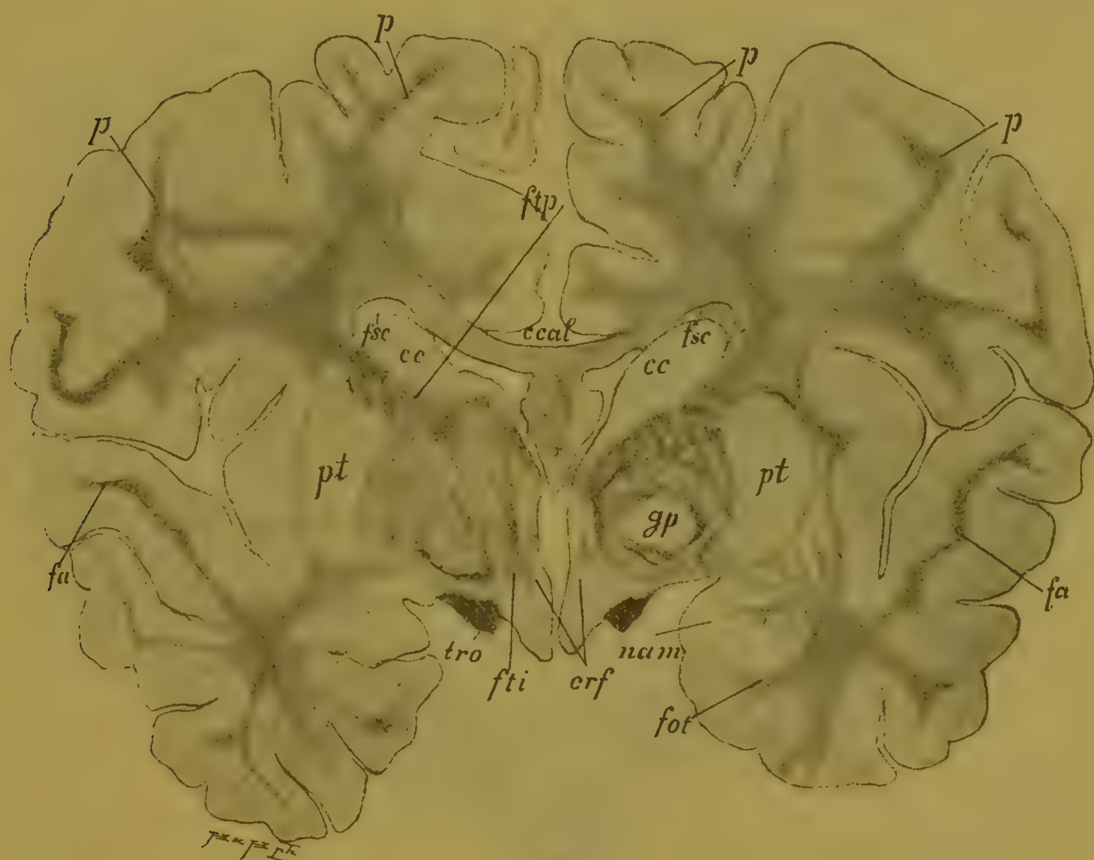



Fig. 540.

Frontalschnitt durch das Gehirn eines $4^1/_2$ monatigen Kindes. Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *Pal*sche Methode. *cc* Corpus caudatum; *pt* Putamen des Linsenkerns; *ccal* Corpus callosum; *tro* Tractus opticus; *nam* Nucleus amygdaliformis; *p*, *p*, *p*, *p* Pyramidenfasern aus dem motorischen Rindenfelde ausstrahlend; *ftp* parietaler Thalamusstabkranz; *fti* Faserzüge des unteren Thalamusschenkels; *fa* Acusticusfasern, der Rinde der oberen Schläfenwindung sich nähernd; *fot* Faserzüge aus dem Ammonshorne und dem Mandelkerne zum Thalamus; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ff* Fornix; *crf* Crura fornicis; *gp* Globus pallidus.

Zwei weitere Associationsbündel von querem Verlaufe sind in neuerer Zeit im Gebiete des Occipitalhirns aufgefunden worden. Das eine, von *Sachs* als Fasciculus transversus cunei bezeichnet, verbindet in abwärts gerichteter Bahn verschiedene Teile des Hinterhauptlappens untereinander (Fig. 538 *ftc*). Das andere beschreibt *Vialet**) unter

*) Bullet. méd. Août 1893.

der Bezeichnung Fasciculus transversus lobuli lingualis (Fig. 538 *ftl*). Beide Faserzüge verbinden nach der Darstellung *Vialets* das Centrum der Lichtempfindung in der Umgebung der Fissura calcarina mit dem an der äusseren Fläche des Hinterhaupthirns befindlichen (*Vialet*) Centrum der optischen Erinnerungsbilder. Der Fasc. transversus lobuli lingualis geht in querem Zuge um das Aussenende des Ventrikels und kann im Gebiete des gesamten Zungenläppchens bis zu dessen Übergange in den Gyrus hippocampi nachgewiesen werden. In der unteren Furchenlippe der Fissura calcarina und im Marke des Zungenläppchens entstehend treten seine Elemente am medialen Rande des Ventrikels

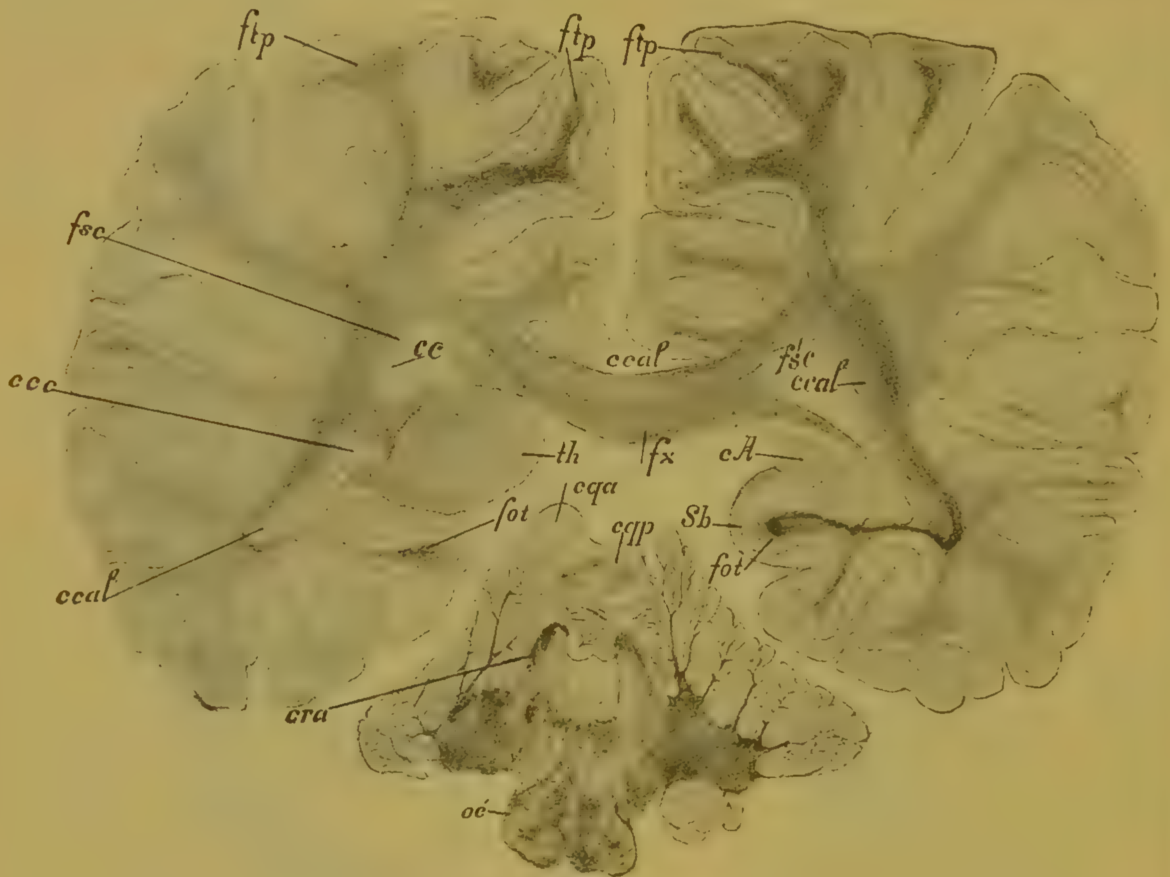



Fig. 541.
Aus dem Gehirn eines $4^1/_2$ Monate alten Kindes. Der Schnitt liegt rechts unmittelbar hinter dem Sehhügel, links in dessen hinterem Teile. *oi* grosse Olive; *cra* vorderer Kleinhirnschenkel; *cqa* vorderer, *cqp* hinterer Vierhügel; *th* Thalamus; *fot* Thalamusbündel des Ammonshornes; *fx* Gewölbe; *cA* Ammonshorn; *Sb* Subiculum; *ccal* Corpus callosum; *ftp* Stabkranz zum Thalamus aus dem Parietallappen; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ccc* Schwanz des Nucl. caudatus.

zu einem Bündel zusammen, biegen sodann um den inneren-unteren Teil des Fasciculus longitudinalis inferior, dringen an der unteren Ventrikelwand vorbei in den Raum zwischen letzterem und dem Mark des Gyrus fusiformis hinein, um nach einer zweiten Biegung um den äusseren-unteren Abschnitt des *Burdach*schen Längsbündels sich im Gebiete des Gyrus occipitalis II und III zu verlieren. Die in Rede stehenden beiden Bündel stellen somit intraoccipitale Associationsbahnen vor.

Wie die Occipitalwindungen, so ist auch der Gyrus angularis durch Associationsbahnen verbunden mit der ersten Schläfenwindung bezw. dem Gehörcentrum, was in letzterer Zeit durch Degenerationsbefunde von *Ferrier* und *Turner* bestätigt wird.

Die Rolle langer Associationsbahnen übernimmt auch der Fornix longus (s. oben) mit den Striae longitudinales Lancisii (Fig. 508) der Balkenoberfläche, somit auch jener von *Broca* zuerst beschriebene Faserzug, welcher von der Spitze des Ammonshornes durch die Substantia perforata anterior nach vorne und innen zum Unterende des Gyrus fornicatus hinzieht. Derselbe geht in das System des Fornix longus über (Fig. 496), zeichnet sich bei einigen Geschöpfen durch hervorragende Entwickelung aus (Fig. 542), wird aber in manchen Fällen auch bei dem Menschen, insbesondere in Fällen von Hirnatrophie bei senilem Schwachsinn oder progressiver Paralyse, an der äusseren Hirnoberfläche wahrnehmbar. Von dem Fornix longus (Riechbündel des Fornix von *Zuckerkandl*) ist hier im Anschluss an frühere Erörterungen zu ergänzen, dass er ähnlich dem Ammonshorne in seiner Entwickelung von der Ausbildung des Geruchsinnes abhängig ist. Mit scharfem Geruchsinn begabte Geschöpfe (Hystrix, Dasypus) besitzen einen mächtigen Fornix longus, dagegen erscheint das Bündel bei Tieren mit schwachem Geruchsinn nur in geringer Entwickelung (*Zuckerkandl*).

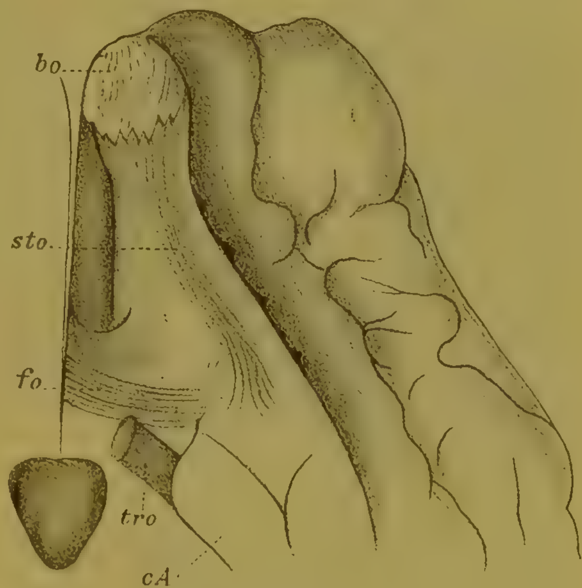



Fig. 542.
Gehirnbasis vom Kalbe mit Lobus und Bulbus olfactorius. Nach *L. Edinger.*

Was die Striae longitudinales betrifft, so erleiden sie bei Affektionen der Gyri centrales und parietales in der Regel keine Veränderungen. Doch beobachtete *Muratoff* Degeneration der Striae in einem Fall von Zerstörung des Lobus olfactorius durch eine Geschwulst, ein Befund, der zweifellos zu Gunsten der von *Zuckerkandl* aufgestellten Ansicht spricht, nach welcher in den Striae eine Bahn vom Riechfelde zu den Olfactoriuscentren der Hirnrinde — Gyrus fornicatus und Subiculum cornu Ammonis — hindurchgeht.

Von dem Fasciculus longitudinalis subcallosus (fronto-occipitales Associationsbündel von *Onufrowitsch* und *Kaufmann*, Fasciculus subcallosus von *Muratoff* Fig. 540 *fsc*), einem Bestandteil des Tapetum ist bereits die Rede gewesen. Er soll, wie von Einigen angenommen wird, ein

Associationssystem zwischen Stirn- und Hinterhauptlappen darstellen. Mir scheint jedoch seine Bedeutung vorwiegend in einer Verbindung der Rinde mit dem Corpus caudatum zu liegen. Fronto-occipitale Bahnen sind in ihm, wenn überhaupt, so nur ausserordentlich spärlich enthalten. Jedenfalls ist das Vorkommen solcher Fasern in dem Fasciculus subcallosus bis jetzt nicht endgiltig sichergestellt.

Zu den kurzen Associationsbahnen zählt man gewöhnlich die zwischen zwei Windungen sich hinziehenden einfachen Bogenfasern, die Fibrae arcuatae propriae von *Meynert* (Fig. 543). Sie verlaufen unmittelbar unter der Hirnrinde, teilweise auch in der Rinde selbst und zwar in deren tieferliegenden Schichten. Ihre Richtung liegt grösstenteils quer zur Längsachse der Windungen, die sie, unter dem Furchengrunde hinwegziehend, in bogenförmiger Bahn verbinden. Im Verlaufe dieser Bündel werden gewöhnlich die schon geschilderten spindelförmigen Zellelemente der tiefen Lagen der Hirnrinde angetroffen.

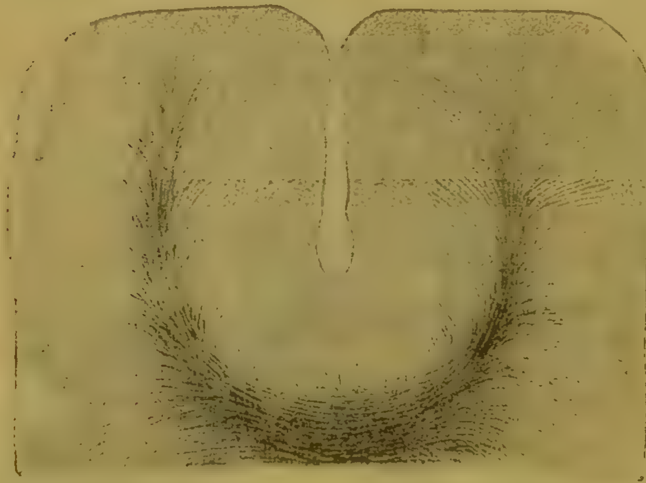


Fig. 543.
**Fibrae arciformes zwischen zwei benachbarten Hirnwindungen. *Weigert*sche Methode.**

Degeneration der Fibrae arcuatae, eine fast konstante Folgeerscheinung verschiedener Rindenaffektionen, ist bisher von den Autoren wenig beachtet, von *Friedmann* zuerst bei der progressiven Paralyse beschrieben, von mir selbst in Fällen kortikaler Hirnaffektionen wiederholt beobachtet und von *v. Monakow*, *Muratoff*, *Shukowski* und *Larionoff* (aus meinem Laboratorium) u. A. durch Tierexperimente weiter studiert worden. Da jeder einzelnen Associationsfaser eine Rindenzelle als Centrum entspricht, so wird Beschädigung der Rinde an und für sich zu einer Entartung von Associationsbahnen Anlass geben müssen; sie breitet sich hierbei in der Regel nach zwei verschiedenen Richtungen aus und ist besonders in die Augen fallend, wenn zwei einander benachbarte Gyri anstatt eines verletzt worden sind.

Zahlreiche andere Fasern durchsetzen in querer und schräger Richtung die graue Hirnrinde. Besonders in der ersten Schicht der Rinde sind solche markhaltige Bündel ansehnlich entwickelt, häufen sich mehr in deren äusserer Abteilung und werden hier als Tangentialfaserschicht bezeichnet (Fig. 544). Vorwiegend Zellen der ge-

nannten Rindengegend, aber auch solche tieferer Lagen dienen ihnen zum Ursprunge. Sie haben ohne Frage gleich den Fibrae arcuatae *Meynerts* die Bedeutung von Associationsbahnen.

Eine selbständige Faserlage, von mir als äusseres Associationssystem beschrieben, findet sich in den tiefsten Teilen der ersten und bereits an der Grenze der zweiten Rindenschicht (Fig. 545 *a*). Sie besteht im hauptsächlichen aus Kollateralen

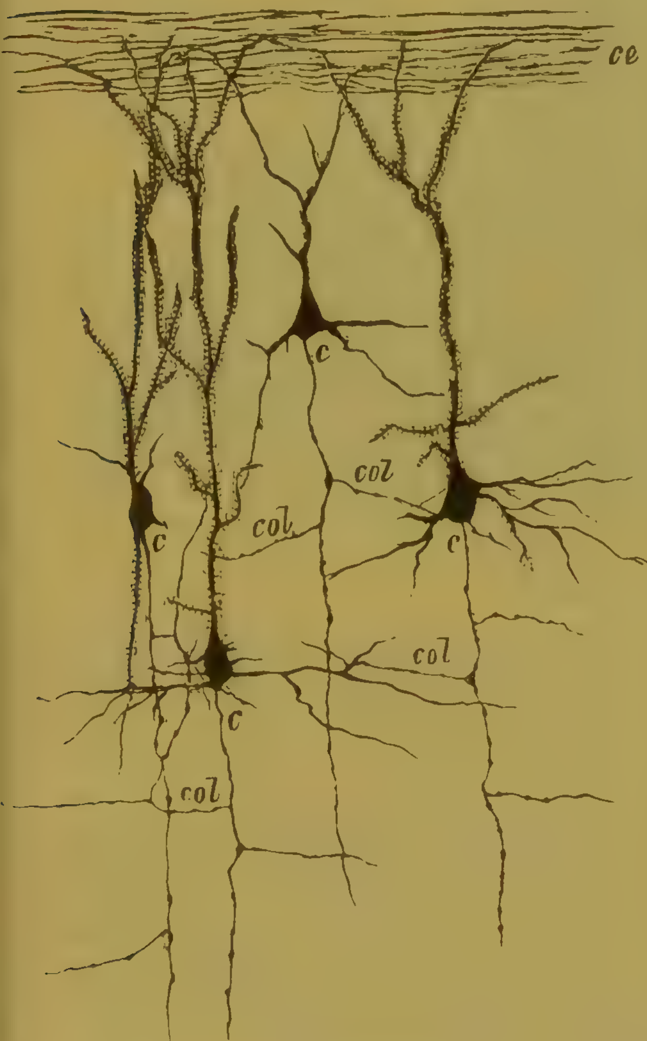



Fig. 544.
Sternzellen aus der Endhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. *ce* äussere Rindenschicht; *c*, *c*, *c*, *c* Neuriten; *col* Kollateralen letzterer, an die Körper und Dendriten von Nachbarzellen herantretend. Behandlung mit der *Golgi*schen Methode.




Fig. 545.
Das topographische Verhalten der Nervenzellen und Nervenfasern in der Endhirnrinde des Menschen. Fünf- bezw. Vierschichtentypus. Härtung mit Osmiumsäure und Aufhellung mit Ammonium liquidum.

von Achsencylindern tieferer Zellausbreitungen. Deutlich ausgeprägt findet man sie insbesondere an der medialen Seite des Hinterhauptlappens, aber auch in anderen Rindengebieten ist sie hin und wieder sicher nachweisbar (Fig. 545). Zu ungewöhnlicher Mächtigkeit gelangt das äussere Associationssystem im Subiculum cornu Ammonis und im Ammonshorne selbst, wo es in der Tiefe des Stratum moleculare eine ziemlich beträchtliche Lage markhaltiger Fasern darstellt (Fig. 546 u. 547).

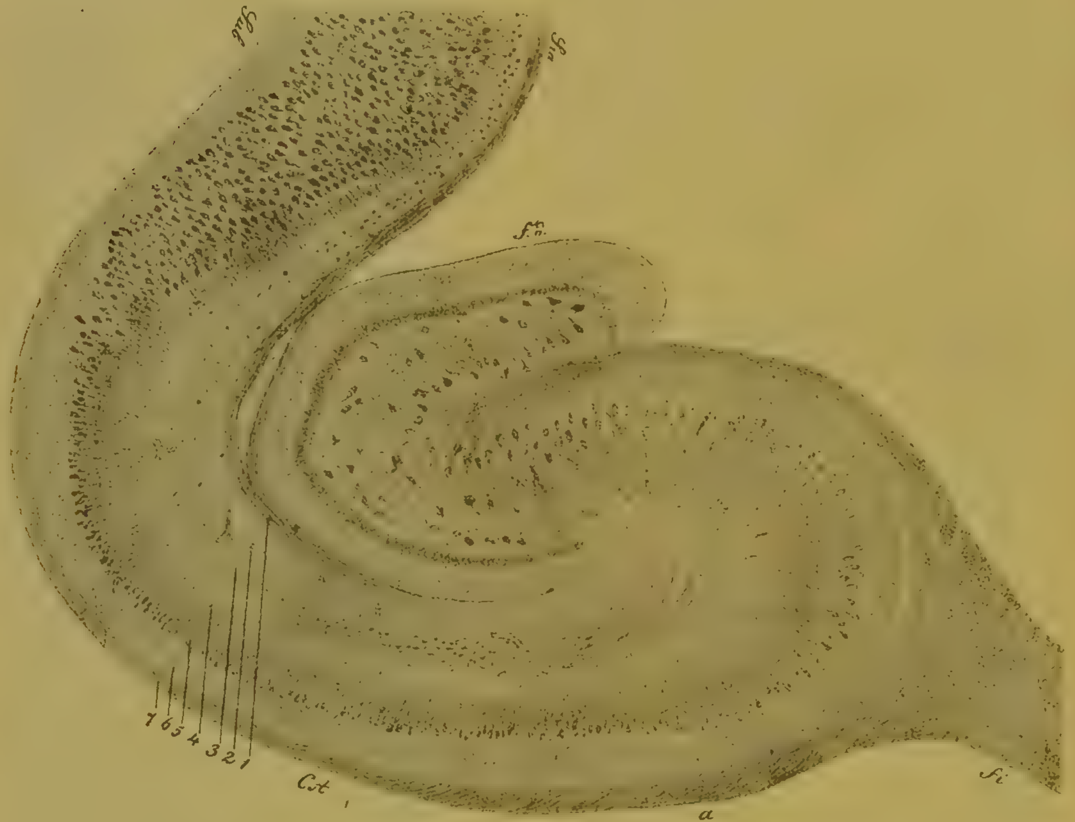


Fig. 546.

**Topographische Anordnung der Nervenzellen und Fasern im Ammonshorn des Hundes.** *cA* Ammonshorn; *Sub* Subiculum; *Sra* Substantia reticularis alba; *fd* Fascia dentata; *fi* Fimbria; 1—7 Schichten des Ammonshorns. Härtung in Osmiumsäure und Aufhellung mit Ammonium liquidum.

Während die oberflächlichsten Fasern der ersten Schicht vorzugsweise quer oder schräg zur Windungslänge verlaufen, zeigen die vorigen häufig eine der Längsachse der Windungen entsprechende Richtung. Erstere erscheinen gewissermassen als Ergänzung der Fibrae arcuatae zwischen benachbarten Windungen, letztere dienen, wie es scheint, insbesondere zur gegenseitigen Verbindung mehr oder weniger entlegener Teile einer Hirnwindung.

Überhaupt sind für das Zustandekommen associierter Nerventhätigkeiten in der ersten Schicht der Hirnrinde ausserordentlich günstige Bedingungen gegeben. Die Fasern dieser Schicht entspringen, wie schon erwähnt wurde, aus Nervenzellen hierselbst (Fig. 548 *a, b, c*), welche

je mehrere Neuriten entwickeln, und aus tieferliegenden kleinen spindelförmigen Elementen (Fig. 548 *d*). Daneben finden sich Endverästelungen von Markfasern aus entlegeneren Hirnregionen. Ferner breiten sich die Centrifugalbahnen, wenigstens zum Teil, mit ihren Endramifikationen in dieser Schicht aus. Endlich senden Elemente der darunterliegenden Zelllage die reichen Dendritengeäste ihrer Gipfelfortsätze hierher. Diese Dentritenkämme mit ihren zahlreichen dornenförmigen, an ihren Enden knopfartig verdickten Reiserchen erscheinen im höchsten Grade geeignet, um auf dem Wege unmittelbaren Kontaktes oder auch nur starker Annäherung mit einstrahlenden Neuriten kortikaler Zell-




Fig. 547.
**Schema des Ammonshornes und der Fascia dentata.** Das Verhalten der grossen Pyramiden der unteren Ammonsgegend zu den Fasern aus der Körnerschicht ist dargestellt. Nach *Ramón y Cajal.* *A* Stratum moleculare des Gyrus dentatus; *B* Körnerschicht; *C* Stratum moleculare (Regio terminalis) des Ammonshorns. Sonstige Bezeichnungen s. Fig. 440.

elemente Beziehungen zu unterhalten (Fig. 548). Als solche Elemente kommen in Betracht: 1. Associationszellen der ersten Schicht, 2. Zellen, die ihren Achsencylinder zur ersten Schicht emporsteigen lassen, 3. Pyramidenzellen und daraus hervorgehende Associationsfasern, deren Endverästelungen und Kollateralen ebendahin gelangen, 4. Endverästelungen centripetaler Fernfasern, und 5. Zellen der anderen Hemisphäre durch Vermittelung des Balkens und der vorderen Kommissur. In physiologischer Beziehung wird durch das dichte Geflecht der Gipfeldendriten in der ersten Schicht höchstwahrscheinlich eine funktionelle Vergesellschaftung ganzer Gruppen von Rindenzellen begünstigt.

Associationsfasern finden sich aber nicht allein in der äusseren

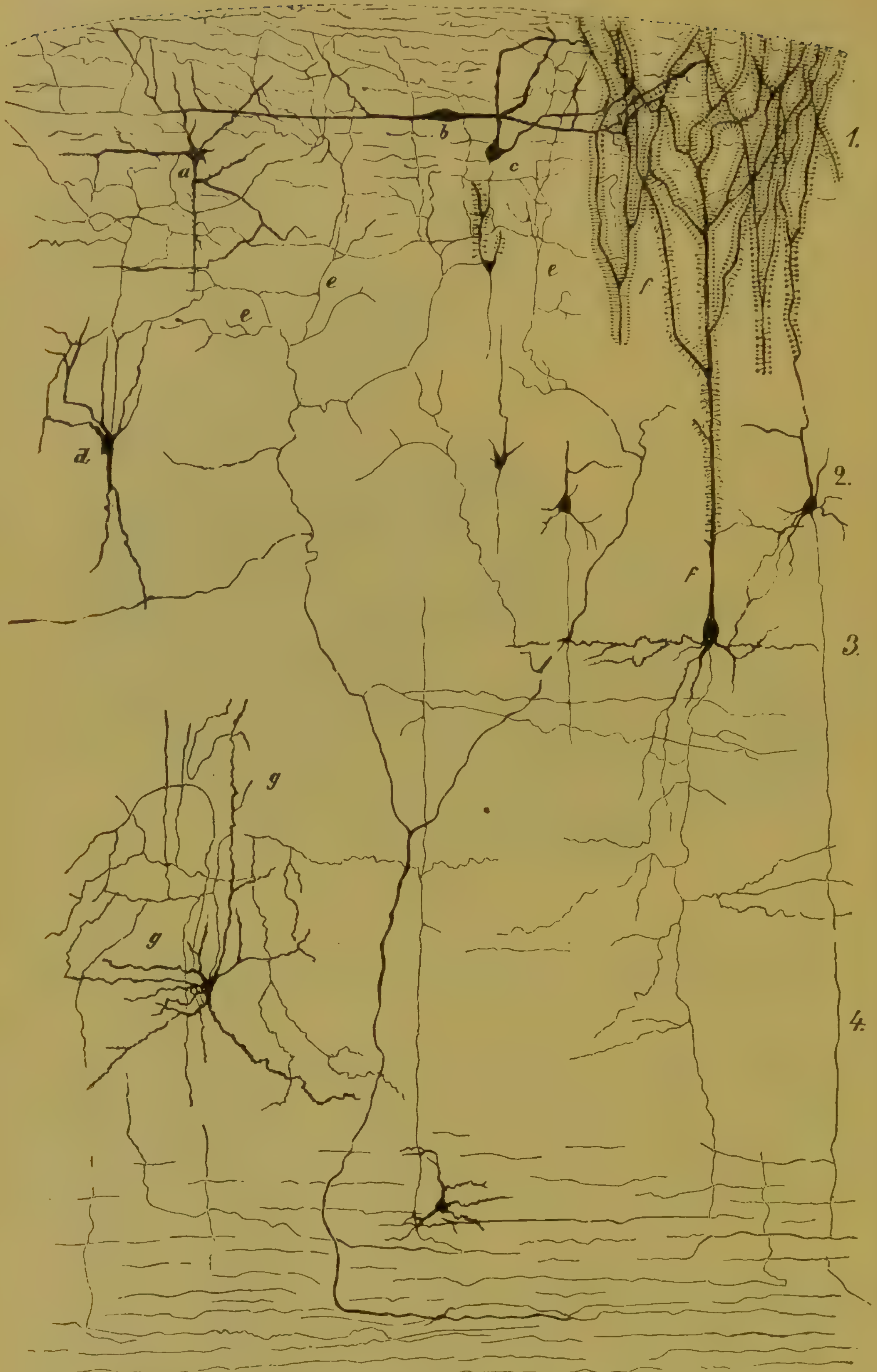



Fig. 548.

**Schematischer Durchschnitt der Endhirnrinde eines Säugetieres.** *Edinger* nach Präparaten von *Ramón y Cajal*. 1, 2, 3, 4 Schichten der Rinde. *a*, *b*, *c* Nervenzellen der Aussenschicht mit je mehreren Neuriten; *d* Spindelzelle aus der Tiefe derselben Schicht; *e* eine Faser aus dem Marklager, in die Schicht 1 eintretend; *f* Gipfelfortsätze tiefergelegener Nervenzellen; *g* kleine Zelle der vierten Schicht mit strahligem Achsencylinderfortsatz.

Schicht der Rinde. Der sogen. *Baillarger*sche oder *Gennari*sche Streifen, im Hinterhauptlappen besonders mächtig entwickelt und hier als *Vicq d'Azyr*scher Streifen (Fig. 550) bezeichnet, zeigt auch in den tiefen Lagen des Rindengraus die Anwesenheit faseriger Schichten (Fig. 544). Er besteht aus Neuritenkollateralen von Pyramidenzellen. Ferner sind, abgesehen von den Fibrae propriae *Meynerts* und den Associationsfasern der Aussenschicht, ähnliche Bahnen nach meinen und *Kaes'* Untersuchungen auch in anderen Teilen der grauen Rinde enthalten, so z. B. im Gebiete der kleinen und grossen Pyramiden, sowie an der Grenze des weissen Marklagers (Fig. 544). Man kann so äussere und mittlere bez. intermediäre Bogenfasern (Fibrae propriae externae et mediae) im Gegensatz zu den tieferen oder inneren Bogenbündeln *Meynerts* in der Endhirnrinde unterscheiden (Fig. 551).*)




Fig. 549.
Occipitallappen eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes. Nach einem *Pal* von *F. Teljatnik.*
c Fissura calcarina; *fv* Opticusbahn.

In der Hirnrinde weisen die Markfasern eine sehr ungleiche Entwickelung auf, die augenscheinlich durch die verschiedenen Centra unmittelbar bedingt wird. Abschliessende Untersuchungen liegen hierüber noch nicht vor. *A. Passow***) untersuchte nach dieser Richtung hin mittelst der *Wolters*schen Methode das Gehirn eines 33 Jahre alten, an Tuberkulose verstorbenen Tischlers, von welchem er Schnitte aus den Centralwindungen anfertigte, nachdem letztere von innen nach



Fig. 550.
Graue Rindenschicht des Occipitallappens an der Fissura calcarina. Der *Vicq d'Azyr*sche Streifen ist darin mit blossem Auge wahrnehmbar.

---

*) Der von *Monakow* (Arch. des sciences physiques et naturelles XX, III, 1888) aufgestellte Satz, nach welchem die kleinen Rindenzellen den Associationsbahnen, die grossen den Leitungssystemen als Ursprungsstätten dienen sollen, hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich, steht auch in keinem Einklange mit den Befunden an *Golgi*schen Präparaten.

**) Über den Markfasergehalt der Centralwindungen eines normalen männlichen Individuums. Neurolog. Centralbl. 1898 No. 6.



Fig. 551.
Fibrae arciformes zwischen nachbarlichen Windungen. *Weigert*sche Behandlung.




Fig. 552.
Nervenzellen aus der Endhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi*-Methode. *ce* äussere Rindenschicht; *c*, *c*, *c*, *c* Neuriten; *col* Kollateralen letzterer, an die Körper und Dendriten von Nachbarzellen herantretend.

aussen in 6 Felder (das letzte entsprach dem Operculum) getrennt waren. Am reichsten an Tangentialfasern erwies sich das vierte Feld der vorderen Centralwindung bezw. das Centrum für Hand und Finger, ärmer der 5. und 6. Abschnitt (Facialiscentrum), am ärmsten die ersten Abschnitte (Centra für Fuss und Rumpf). Über den radiären Bündeln lagert ein Fasernetz, schwach entwickelt in dem ersten und letzten Felde, sehr gut ausgesprochen in den mittleren Feldern und hier die Tangentialfaserlage erreichend. Ähnlich entwickelt ist das Fasernetz des *Baillarger*schen Streifens. Die hintere Centralwindung ist im allgemeinen ärmer an Markfasern als die vordere, sie sind dort spärlicher und die gröberen markhaltigen Elemente an Zahl zurücktretend.

Sehr mannigfaltig sind die Anschlüsse der Pyramidenzellen in der Hirnrinde. Infolge ihrer weitgehenden Beziehungen zu dem Kollateralengeäste von Rinden- (Fig. 552) und Markfasern, zu den Endbäumen von Associations- und Centri-

fugalbahnen können ihnen von den verschiedensten Quellen her Erregungen zufliessen und zwar 1. von *Golgi*schen Zellen mit kurzen Achsencylinderfortsätzen, 2. von Associationszellen der verschiedensten Rindengebiete der gleichen Seite, 3. von Elementen der kontralateralen Hemisphäre unter Durchsetzung des Balkens und der vorderen Hirnkommissur, 4. von sensiblen Zellen der Hirnstammregion, endlich 5. von Elementen (Pyramidenzellen) der darüberliegenden Rindenschichten, deren Neuritenkollateralen sich mit den Dendriten und Körpern tieferliegender Zellen berühren (Fig. 552).

Es ergiebt sich aus der vorstehenden Betrachtung, dass die Zellelemente der Endhirnrinde einander in anatomischer Beziehung als völlig selbständige Gebilde gegenüberstehen und nirgends kontinuierliche Verbindungen aufweisen. Nichtsdestoweniger sind funktionelle Wechselwirkungen zwischen ihnen weit verbreitet und zwar durch Vermittelung von Neuriten bez. ihren Kollateralen und von Faserendigungen einerseits, Dendriten und Zellkörpern andererseits. Gewisse Beziehungen erwachsen diesen Elementen wohl auch durch Kontakt und Annäherung der Dendriten benachbarter Pyramidenzellen, wie solches im Rückenmarke an den Multipolarzellen der Vordersäulen beobachtet werden kann.

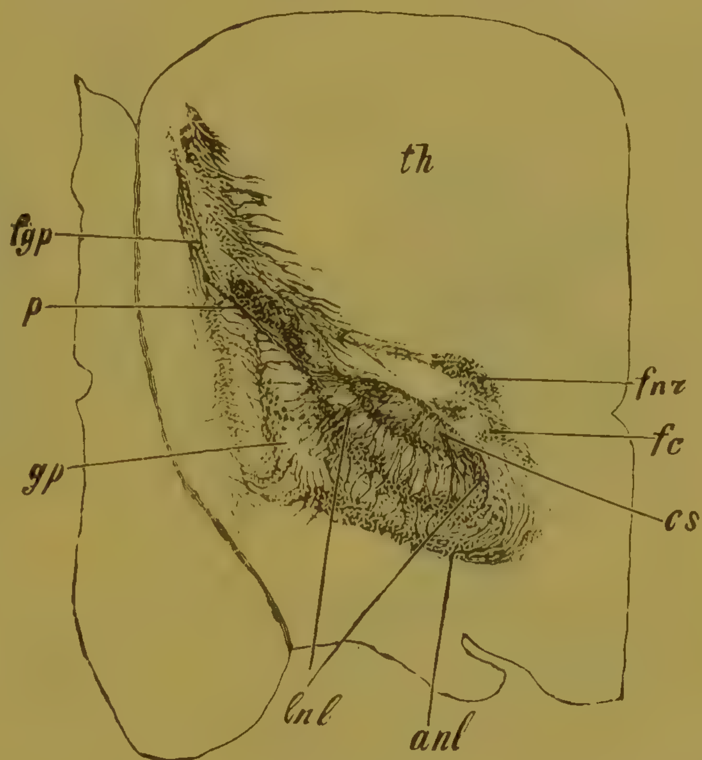



Fig. 553.

Schnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen. *Weigert*sche Methode. *fgp* Faserzug aus dem Globus pallidus zur Endhirnrinde; *fnr* Bahnen aus dem roten Kern, nach und nach in die basalen Thalamusabschnitte eintretend. Sonstige Bezeichnungen bei Fig. 506.

Über die Entwickelung der verschiedenen Faserzüge der Endhirnhemisphären ist die Untersuchung zwar noch zu keinem völligen Abschlusse gelangt, doch erscheinen schon die vorhandenen Ergebnisse von so wesentlicher Art, dass von einer kurzen Darlegung derselben nicht Umgang genommen werden darf.

Am frühesten, im Verlaufe des 8.—9. Foetalmonates, vollzieht sich die Entwickelung jenes Faserzuges (Fig. 553 *f g p*), der vom Linsenkern zu den Scheitel- und Centralwindungen hinaufsteigt und als Fort-

setzung der hier bereits gut angelegten lateralen Abteilung der Hauptschleife sich darstellt. Um dieselbe Zeit oder sogar noch etwas früher findet man bereits grosse Mengen markhaltiger Fasern in der Gegend des Corpus subthalamicum (Fig. 555 *lfc*), von welchem ein starkes Bündel zum Linsenkern und in die *Meynert*sche Kommissur sich begiebt (Fig. 556 *c M*); auch im Thalamus fehlt es nicht an Markfasern. Annähernd gleichzeitig ummarkt sich ein grosser Teil der centralen Bahnen des vorderen Kleinhirnschenkels (Fig. 553; Fig. 554 *f n r*). Dementsprechend treten etwa im 9. Foetalmonat im Gebiete des Lobulus parietalis superior und der Gyri centrales markhaltige Fasern auf. Die Pyramidenbahn wird, mindestens in einem Teil ihrer Ausdehnung, beim Neugeborenen myelinhaltig angetroffen. Nach einiger Zeit ummarkt sich die Sehstrahlung zu den Occipitalwindungen an der Fissura calcarina (Fig. 558 u. 559), die Faserung der oberen Schläfenwindung (Fig. 560 *f a*, Fig. 561 *f t*) und die des Nervus olfactorius; zugleich können im Gyrus uncinatus viele markhaltige Fasern nachgewiesen werden (Fig. 563).

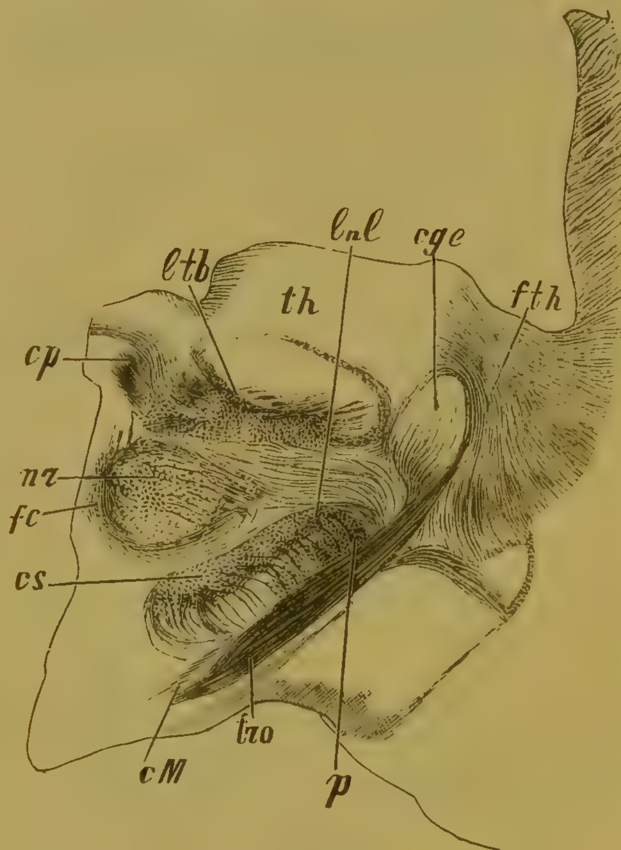



Fig. 554.
Schnitt aus dem Gehirn eines einige Wochen alten Kindes. *Weigert*sche Behandlung. *cs* Corpus subthalamicum; *nr* roter Kern; *cp* hintere Kommissur; *th* Thalamus; *ltb* Schleifenfasern, im Thalamus endigend; *lnl* Faserung aus dem Corpus subthalamicum zum Globus pallidus; *cge* Corpus genicul. externum; *fth* Rindenbahnen des Thalamus; *p* Pyramidenbahn; *tro* Tractus opticus; *cM Meynert*sche Kommissur; *fc* centrale Haubenbahn.

Das Gehirn eines 1—2 monatigen Kindes zeigt ausser den genannten Bahnen grosse Mengen entwickelter Fasern im Gyrus temporalis I und in den Opticuscentren des Hinterhauptlappens (Fig. 549); der Gyrus temporalis II und III, die äussere Kapsel und die vordere Kommissur, sowie die übrigen Windungen des Occipitallappens dagegen entbehren noch der Markfasern. Gut entwickelt sind die zum Occipitallappen gehenden Fasern aus dem lateralen Kniehöcker, dem Sehhügel und vorderen Vierhügel, sowie die laterale Olfactoriuswurzel. Auch in dem Corpus callosum treten Fasern auf, doch nur in dem Teil desselben, der den Centralwindungen entspricht.

An dem 3 Monate alten Gehirn entwickeln sich die Markfasern des Gyrus hippocampi zum Cingulum (Fig. 560—564). Der Vorzwickel ist noch nicht ausgebildet. Nach einiger Zeit ummarken sich die Rindenbahnen des Thalamus (Fig 557, 560, 561 *fot* und *ftp*; Fig. 557—564), sodann das Gewölbe und die Hauptmasse des Balkens. Am allerspätesten entwickeln sich im Endhirn, wie es scheint, der Fasciculus nuclei caudati s. subcallosus (Fig. 560—564 *fsc*), die Fasern des Stirnlappens, des Präcuneus und eines Teiles des Scheitellappens. Im allgemeinen ist das System der Projektionsbahnen im 9. Lebensmonat zum grössten Teil mit Markscheiden versehen, im Beginne des 3. Jahres enthält die Rinde allenthalben reiche Mengen von Markfasern, zu denen im Verlaufe der späteren Entwickelung noch neue Fasermassen hinzutreten.

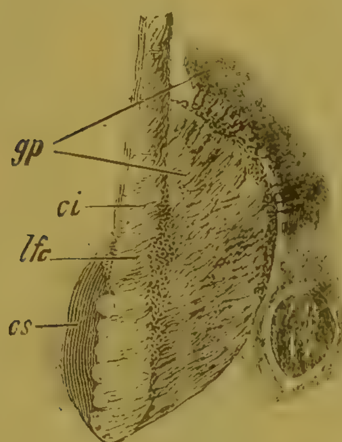



Fig. 555.

Durchschnitt in der Gegend des Corpus subthalamicum von einem 6—7 Monate alten menschlichen Foetus. *Weigert*sche Behandlung. *gp* erstes und zweites Glied des Globus pallidus; *ci* innere Kapsel; *cs* Corpus subthalamicum; *lfc* centrale Schleifenbahn aus dem Nucl. funiculi cuneati, im Globus pallidus endigend.

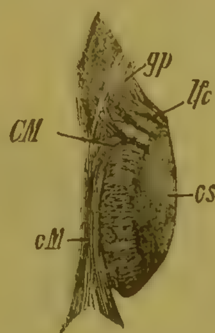



Fig. 556.

Aus einem Durchschnitt in der Gegend des Corpus subthalamicum von einem 6—7 Monate alten menschlichen Foetus. *Weigert*sche Behandlung. *gp* Globus pallidus; *lfc* Schleifenbahnen aus dem Nucl. funiculi cuneati, in *gp* endigend; *cs* Corpus subthalamicum; *cM* *Meynert*sche Kommissur; *CM* Schleifenfasern, in die *Meynert*sche Kommissur übergehend.

Die Associationsbahnen entwickeln sich im ganzen später als die Projektionssysteme und in den verschiedenen Regionen der Rinde zu verschiedenen Zeiten. Allen voran gehen, wie es scheint, die Associationsfasern der Gehör- und Sehsphäre (Gyrus temporalis I und Gyrus occipitalis II), sowie diejenigen der motorischen Zone. *Flechsig* sah schon an dem 2 Monate alten Kindergehirn markhaltige Fasern aus dem Gyrus centralis posterior distalwärts zu den Parietalwindungen hinziehen; markweiss erschienen gleichzeitig die Bündel, die sich vom Hinterhauptlappen nach vorne zum Lobus parietalis erstrecken und Associationsfasern der Seh- und Tastsphäre einschliessen. Reichlich vorhanden sind in dem genannten Alter nach *Flechsigs* Ermittelungen auch Associationsbahnen von der oberen Schläfenwindung (Gehörsphäre)

zur dritten Stirnwindung. Relativ spät ummarken sich (Fig. 565) jene Bündel, die den Gyrus temporalis I (Gehörsphäre) mit den Gyri occipitales (Sehsphäre) und jene, die den Schläfenlappen mit den Parietalwindungen in Verbindung setzen.

Hand in Hand mit der Ausbildung der Fasersysteme geht naturgemäss die Entfaltung der verschiedenen Centra der Hirnrinde. Da die Entwickelung der Associationsbündel in eine spätere Periode fällt, wo die mit der sensitiv-motorischen Zone (Sinnesfelder) verbundenen Projektionsbahnen bereits angelegt erscheinen, so sind bei dem Neugeborenen die Bedingungen zu einer Association von Empfindung und Bewegung noch nicht vorhanden.

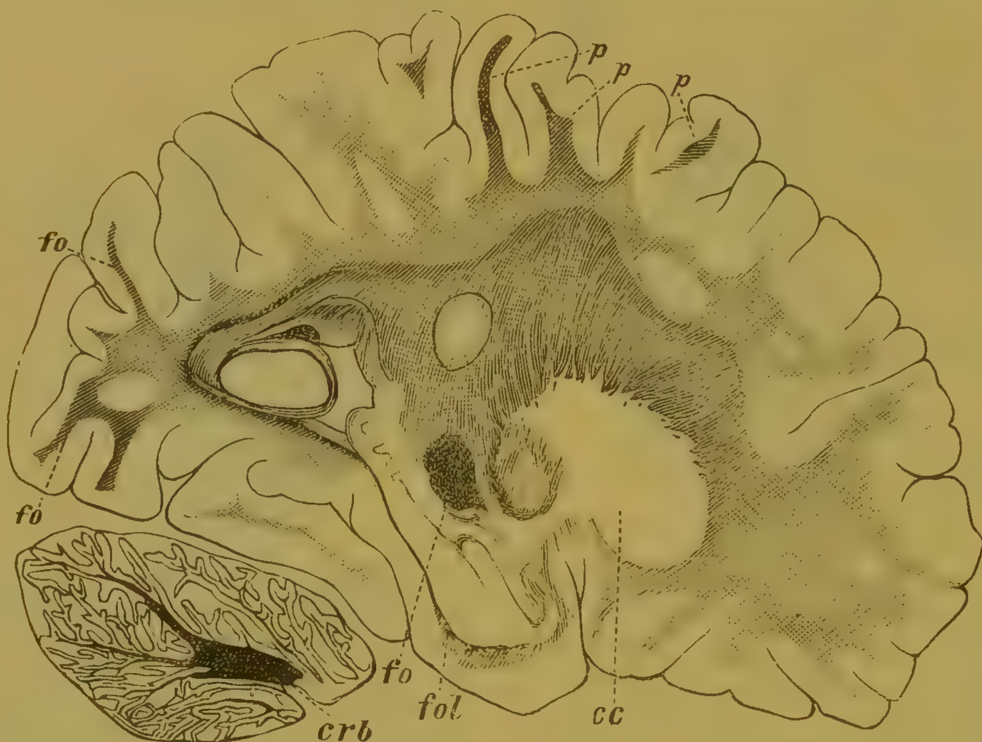



Fig. 557.
Antero-posteriorer Vertikalschnitt in der Nähe der medialen Hemisphärenfläche von einem 7 Monate alten Kinde. Nach einem *Pal* von *W. Reimers*. *p*, *p*, *p* Pyramidenbahn; *fo*, *fo* Sehstrahlung; *fol* Fasciculus cornu Ammonis, zum Thalamus opticus hinziehend; *crb* Kleinhirn; *c*, *c* Corpus caudatum.

Ganz zuletzt umscheiden sich die kurzen subkortikalen und kortikalen Associationsbahnen. Einige von ihnen erreichen den Höhepunkt ihrer Entwickelung ganz am Schlusse der Wachstumsperiode. Nach den interessanten Ermittelungen von *Kaes* stellen die Associationsbahnen des *Baillarger*schen Streifens, sowie die von mir beschriebenen und noch viele andere Systeme dieser Art sekundäre, im reiferen Alter auftretende Faserformationen dar. Eine Untersuchung der Anzahl und Stärke der Markfasern in der Rinde eines 18jährigen und eines 38jährigen Mannes ergab bei letzterem ein erhebliches Mehr an myelinhaltigen Elementen und zwar besonders in der zweiten und dritten Rinden-

schicht. Im Anschlusse an die zarten Fasern dieser beiden Schichten, an die stärkeren des *Baillarger*schen Streifens und die der Tangentialfaserlage treten späterhin neue Fasern auf, deren Anfang in den mehr und mehr hervortretenden sogen. *Bechterew*schen Streifen (*Kaes*) an der Basis der ersten Schicht und in den stärkeren Elementen der Tangentialfaserlage zu suchen ist. Die genannten Streifen gehören demnach beide zu den sich spät ummarkenden Systemen der Rinde.

Nach *Botazzis* Untersuchungen werden von den Associationsfasern zuerst die *Meynert*schen Bündel markhaltig. Ihnen schliessen sich die Tangentialfasern an. Das Stratum superradiatum und die horizontalen




**Fig. 558.**
Frontalschnitt durch den Occipitallappen eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes. *Pal*sche Behandlung. *cc* Corpus callosum; *v* Hinterhorn des Seitenventrikels.




**Fig. 559.**
Occipitalhirn eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes, etwas distal von dem vorigen. *Pal*sche Methode. *c* Fissura calcarina; *fv* Opticusbahn.

Streifen der Rinde werden am spätesten markweiss und nehmen im Laufe der Entwickelung an Dichtigkeit zu, weshalb *Botazzi* sie als Bahnen der höheren psychischen Associationen in Anspruch nimmt.

Die physiologische Bedeutung der Endhirnbahnen ist, soweit es sich um unmittelbare Fortsetzungen aus dem Hirnstamme (Pyramidenbahn, accessorische Schleife u. s. w.) handelt, im wesentlichen bereits an früheren Orten dargestellt worden. Es erübrigt daher nur noch jene Systeme zu untersuchen, die, wenn nicht ausschliesslich, so doch vorwiegend dem Endhirne angehören. Einige von diesen, wie

die Opticusbahn aus den primären Opticuskernen zum Sehcentrum an der Fissura calcarina, die Gehörbahn vom medialen Kniehöcker und hinteren Vierhügel zum Gyrus temporalis I und II, weisen schon durch ihre Verbindungen auf ihre physiologische Bedeutung hin. Andere, vor allem die frontale und temporo-occipitale Brückenbahn, sind näher zu betrachten.

Die beiden genannten Fasersysteme sind zweifellos motorischer Art und besitzen unverkennbare Beziehungen zu den lokomotorischen Körperfunktionen. Sie degenerieren nämlich — und dies kommt hier zunächst in Frage — in absteigender Richtung und treten in der Brücke

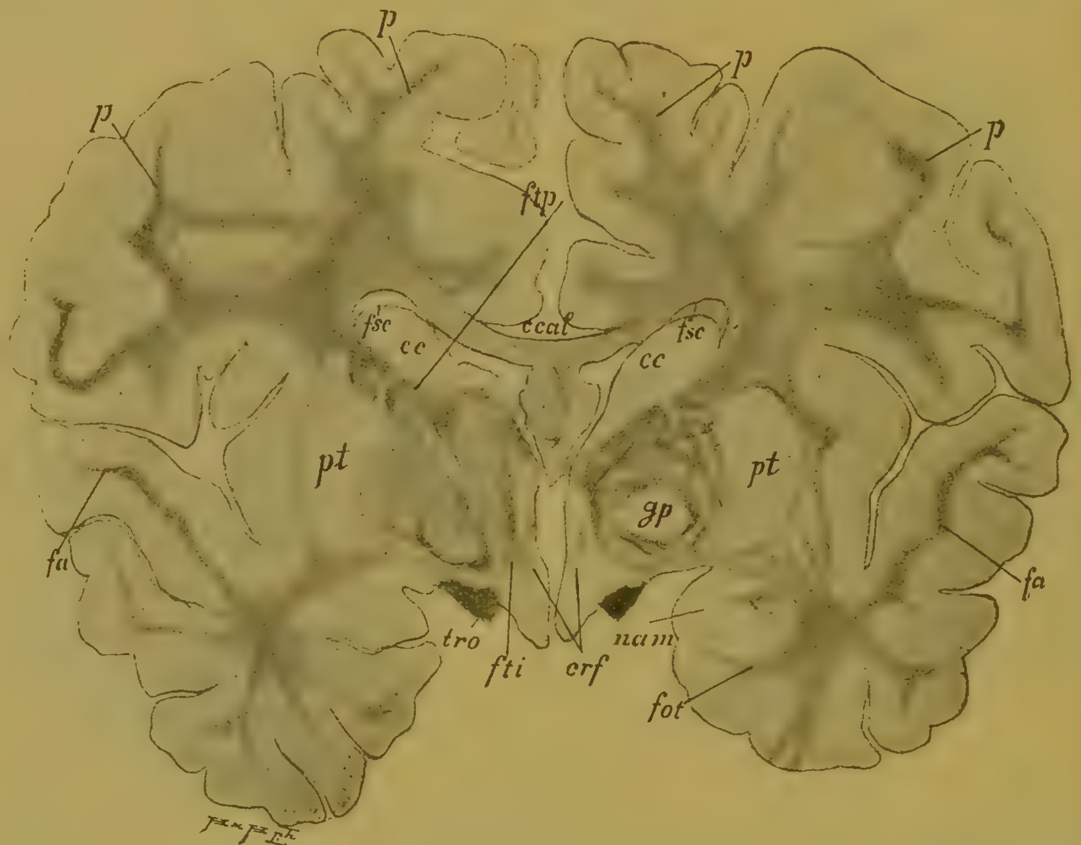



Fig. 560.

**Frontalschnitt durch das Gehirn eines $4^1/_2$ Monate alten Kindes.** Nach einem *Pal* von *W. Reimers.* *cc* Corpus caudatum; *pt* Putamen; *ccal* Corpus callosum; *tro* Tract. opticus; *nam* Nucl. amygdaliformis; *p, p, p, p* Pyramidenfasern; *ftp* parietaler Thalamusstabkranz; *fti* unterer Thalamusschenkel: *fa* Acusticusbahn, der Rinde der oberen Schläfenwindung sich nähernd; *fot* Bahnen aus dem Ammonshorn und dem Mandelkern zum Thalamus; *fsc* Fasciculus subcallosus; *ff* Fornix; *crf* Crura fornicis; *gp* Globus pallidus.

mit Ganglien in Verkehr, die ihrerseits durch den mittleren Kleinhirnschenkel dem Cerebellum Fasern zugehen lassen. Andererseits fehlt es gegenwärtig nicht an pathologischen Befunden, aus denen ersichtlich ist, dass Beschädigungen der Stirnlappen zu Störungen des Körpergleichgewichtes führen können. Tiere, denen die Stirnlappen zerstört werden, zeigen häufig reitbahnartige Zwangsbewegungen.

*Charcot* vermutete in dem lateralen Felde des Hirnschenkelfusses,

wo den gegenwärtigen Feststellungen gemäss die occipitale Endhirnrindenbrückenbahn durchtritt, die sensorischen Bahnen für die gekreuzte Körperseite. Diese nunmehr veraltete Darstellung wurde damit begründet, dass bei Affektionen der inneren Kapsel jenes Feld der Hirnschenkelbasis nicht in absteigende Entartung übergeht, ein Umstand, der sich aber in einfachster Weise dadurch erklärt, dass die occipitale Brückenbahn hinter allen übrigen Bündeln der inneren Kapsel verläuft. Wo die Ganglien an der Hirnbasis mit Einschluss der distalsten Gebiete der Capsula interna oder die Rinde der hinteren Hemisphärenteile beschädigt sind, da entartet die Bahn, wie ich zuerst nachwies,

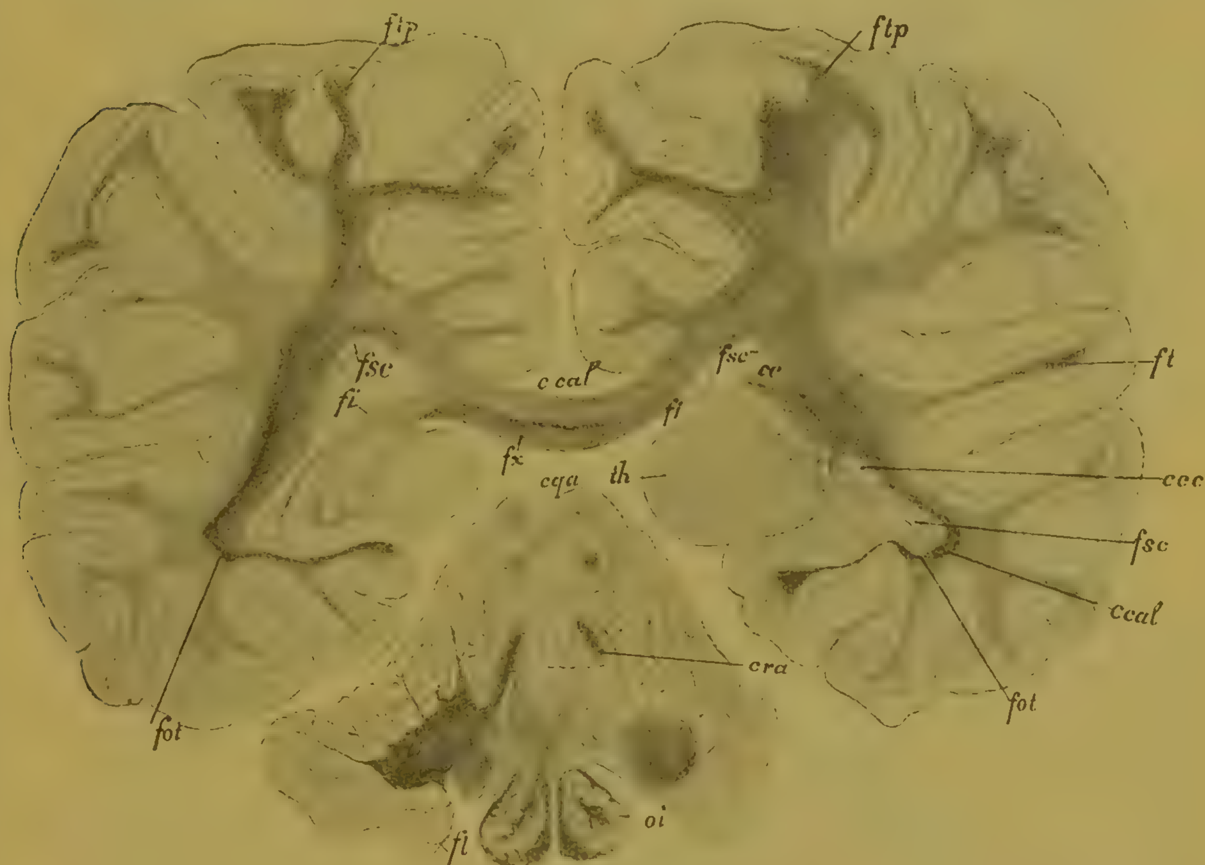



Fig. 561.

**Schnitt durch den hinteren Teil des Thalamus von einem $4^1/_2$ Monate alten Kinde.** Nach einem Präparate von *W. Reimers*. *oi* untere Olive; *fl* Pedunculus flocculi; *cra* vorderer Kleinhirnschenkel; *cqa* vorderer Vierhügel; *th* Thalamus; *fx* Fornix; *fi* Fimbria; *fsc* Fasc. subcallosus; *cc* Corpus caudatum; *ccal* Balken; *fot* Thalamusbündel zum Ammonshorn; *ccc* Schwanz des Nucl. caudatus.

in absteigender Richtung dicht bis zu den Brückenkernen, zu denen sie zweifellos in ganz denselben Beziehungen steht, wie die frontale Endhirnrindenbrückenbahn.

Als weitere Beweise für die motorische und gegen die sensible Bedeutung der in Rede stehenden Systeme können Reizungsversuche an den Occipitallappen nicht narkotisierter Geschöpfe nach vorhergehender Entfernung der motorischen Sphäre angeführt werden. Solche Reizung führt neben Abweichung der Augenachsen zu mannigfachen Be-

wegungen der Gliedmassen. Zerstörung der Occipitalwindungen hat manchmal Zwangsbewegungen zur Folge. Nach allem erscheinen die Brückenbahnen als Leitung centrifugaler Erregungen, die unmittelbar im Dienste des Schaktes stehen, so z. B. jener Impulse, die die Feststellung der Sehachsen, des Kopfes und Rumpfes nach den verschiedenen Richtungen hin bedingen.

Sehr nahe Beziehungen zu den lokomotorischen Verrichtungen besitzen zweifellos auch die Bahnen des roten Haubenkerns zur Rinde der Parietalwindungen, Systeme, die als centrale Fortsetzungen des vorderen Kleinhirnschenkels betrachtet werden können. Es erscheint

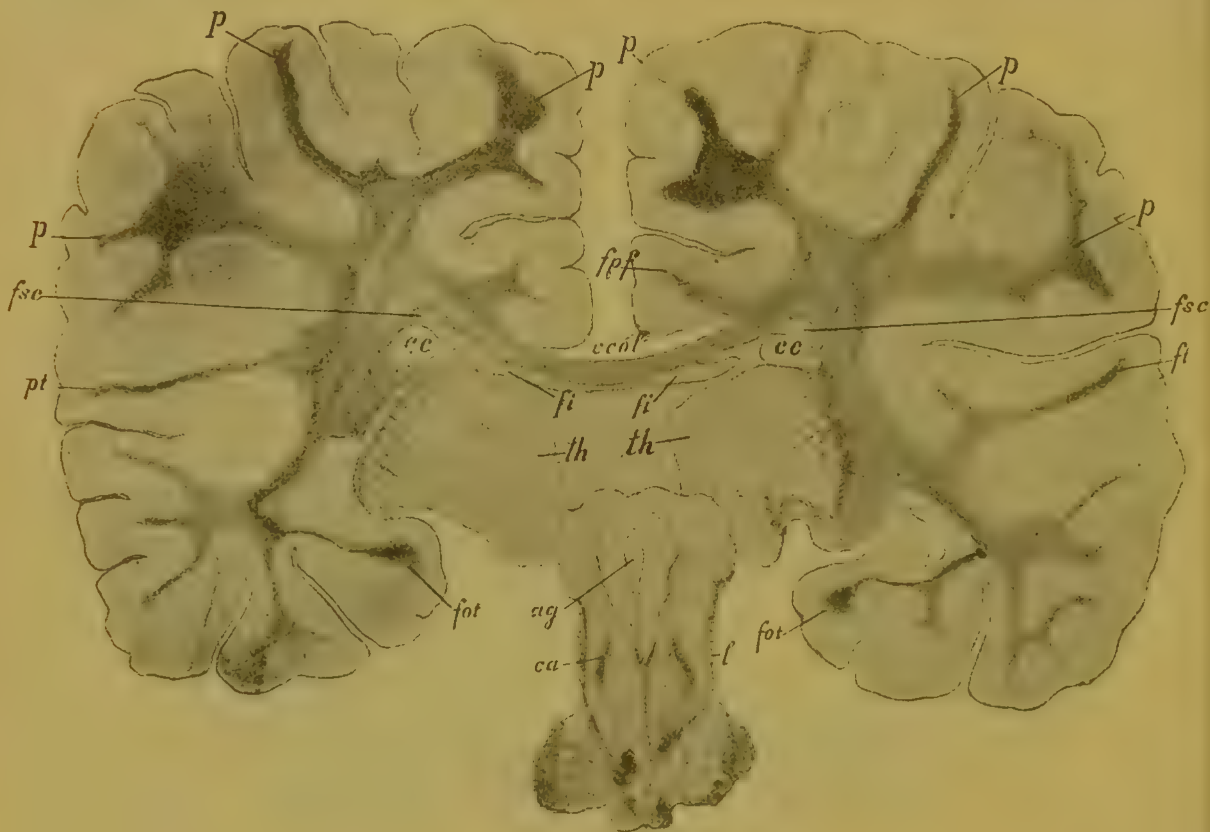



Fig. 562.

Durchschnitt des Gehirns eines $4\frac{1}{2}$ monatigen Kindes. Nach einem *Pal* von *W. Reimers.* *l* Schleife; *ca* vorderer Kleinhirnschenkel; *aq* Aquaeductus Sylvii; *th* Thalamus; *cc* Schwanz des Nucl. caudatus; *ccal* Balken; *fsc* Fascic. subcallosus; *fi* Fimbria; *p*, *p*, *p*, *p* Pyramidenbahn bei ihrem Austritt aus der motorischen Rindenzone; *p* Faserzüge aus dem Facialiscentrum; *ft* Acusticusbahn, der Rinde der oberen Schläfenwindung sich nähernd; *fot* Faserzüge aus dem Ammonshorn zum Sehhügel.

nicht unmöglich, dass centripetale Erregungen, die mit der Erhaltung des Körpergleichgewichtes in Zusammenhang stehen, auf diesem Wege der Hirnrinde zugeführt werden.

Das Rindenbündel des Globus pallidus bildet die centrale Bahn des aus den Keilstrangkernen stammenden Faserzuges der Hauptschleife und kann daher, wie mir scheint, als kortikale Leitung des Muskelgefühles aufgefasst werden.

Unter den Rindenverbindungen des Thalamus haben wir zunächst

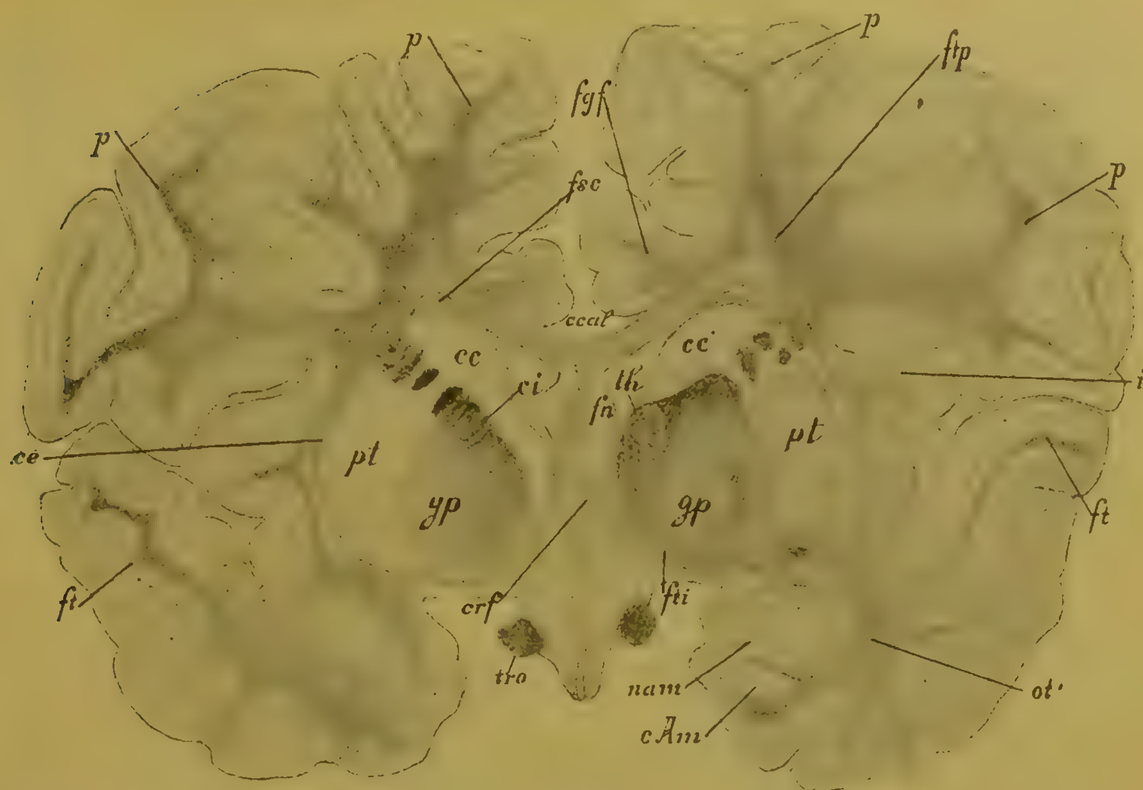



Fig. 563.

Frontalschnitt der Hemisphären eines $4\frac{1}{2}$ monatigen Kindes. Nach einem *Weigert* von *W. Reimers*. *cc* Corp. caudatum; *ci* innere Kapsel; *pt* Putamen; *gp* Globus pallidus; *th* Thalamus; *fn* Fornix; *crf* Crus fornicis; *tro* Tractus opticus; *nam* Nucl. amygdalae; *cAm* Ammonshorn; *fti* unterer Thalamusschenkel; *ot* Faserzug vom Ammonshorn zum Sehhügel; *ft* acustische Bahn, in den Gyrus temporalis *I* eintretend; *i* Insula Reilii; *p* Pyramidenbahn; *ftp* parietaler Thalamusstabkranz; *fgf* Fasc. gyri fornicati; *fsc* Fasc. subcallosus; *ce* Capsula externa.

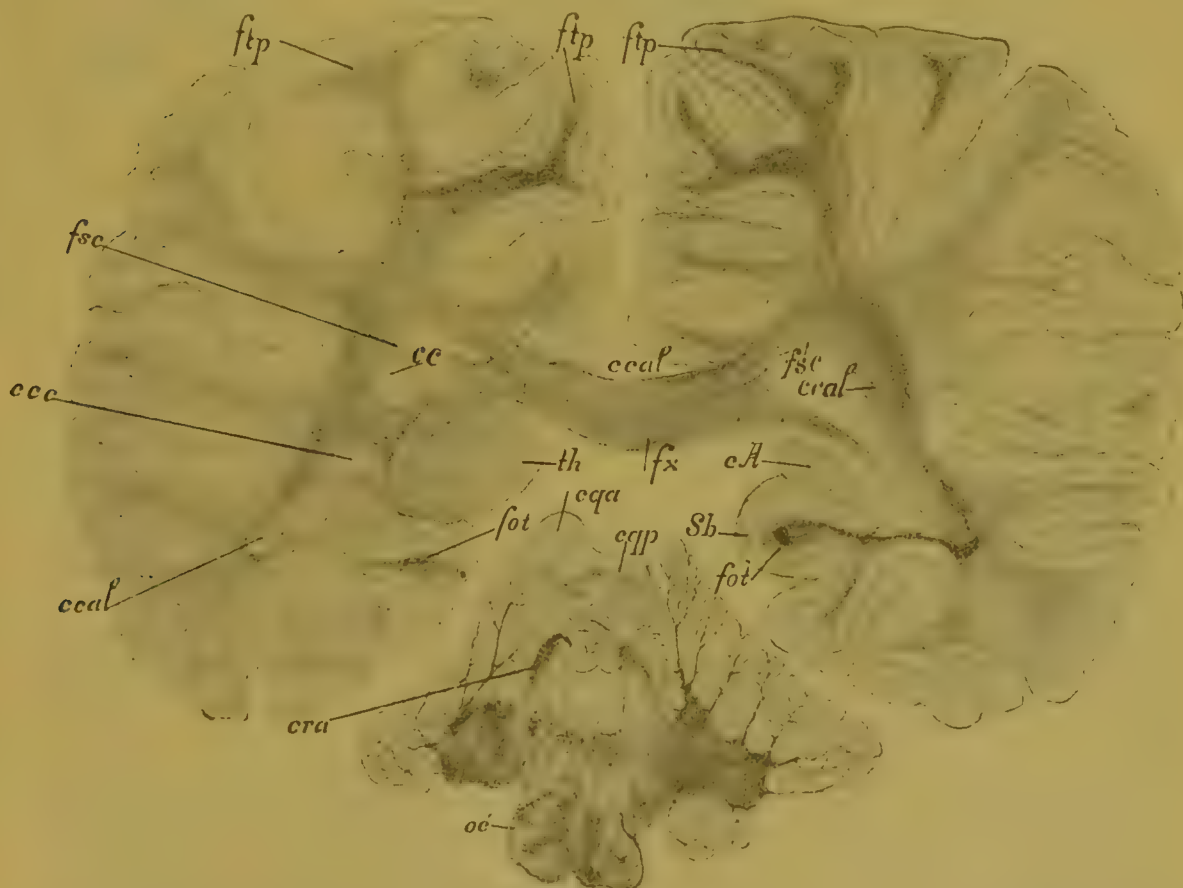



Fig. 564.

Aus dem Gehirn eines $4\frac{1}{2}$ monatigen Kindes. Der Schnitt liegt rechts unmittelbar hinter dem Thalamus, links in dessen hinterem Abschnitt. *oi* grosse Olive; *cra* vorderer Kleinhirnschenkel; *cqa* vorderer, *cqp* hinterer Vierhügel; *th* Sehhügel; *fot* Thalamusbündel des Ammonshornes; *fx* Gewölbe; *cA* Ammonshorn; *Sb* Subiculum; *ccal* Balken; *ftp* parietaler Thalamusstabkranz; *fsc* Fasc. subcallosus; *ccc* Schwanz des Nucleus caudatus.

einen Faserzug, welcher jenen Teil der Hauptschleife, der im hinteren-äusseren Abschnitt des Sehhügels unterbrochen wird, centripetalwärts fortsetzt und von manchen unter dem Namen Rindenschleife aufgeführt wird. Er leitet höchstwahrscheinlich sensible Reize von der Oberfläche des Körpers zur Hirnrinde. Im Gegensatze zu ihm enthalten die sogen. Thalamusschenkel oder -stiele vorwiegend centrifugale bezw. motorische

Fig. 565.

**Verlauf der optischen Leitungsbahn von der Netzhaut zum Sehcentrum und Verbindungen des letzteren mit anderen Rindenregionen.**

Schema. *rt* Netzhaut; *ml* gelber Fleck; *no* Sehnerv; *tro* Tractus opticus; *cg* *Gudden*sche Kommissur; *cge* lateraler Kniehöcker; *cga* vorderer Vierhügel; *nu* Pulvinar; *fo* *Gratiolet*sche Sehstrahlung; *as* Aquaeductus Sylvii; *nr* roter Kern; *l* Schleife; *sn* Subst. nigra; *p* Grosshirnschenkel; *c.cal* Balken; *c* Cuneus; *gl* Gyrus lingualis; *lo* Lob. occipitalis; *ga* Gyrus angularis; *gt* Gyrus temporalis (Gegend des Gehörcentrums); *i* *Reil*sche Insel; *gfB* *Broca*sche Windung (Sprachcentrum); *lf* Stirnlappen; *fa* Verbindung des Sehcentrums mit dem Centrum der optischen Wortbilder; *fli* Fasciculus longitudinalis inferior, verbindet das Sehcentrum mit dem Centrum der akustischen Wortbilder; *fls* Fasc. longit. superior, verbindet Seh- und Sprachcentrum untereinander; *ftl*, *ftc* Faserzüge von *Sachs* und *Vialet*, zur Verbindung des Gyrus lingualis und Cuneus (Sehcentrum) mit dem Centrum der optischen Erinnerungsbilder an der lateralen Fläche des Occipitalhirns; *fca* Verbindung des Sehcentrums (Perception) mit dem Centrum der optischen Wortbilder.

Leitungsbahnen. Denn nach Rindenbeschädigungen entarten sie für gewöhnlich in absteigender Richtung unter gleichzeitiger Atrophie der grauen Sehhügelkerne. Andererseits sah ich bei Tieren trotz völliger beiderseitiger Abtragung der motorischen Zone eine ganze Reihe unzweifelhaft psychisch bedingter Bewegungen auftreten, die als Aus-

drucksbewegungen bekannt sind und meinen Versuchen zufolge durch Vermittelung der Sehhügel zustande kommen.

Die Faserzüge des Bulbus olfactorius haben, wie sich ohne weiteres ergiebt, die Bestimmung, den Riechreiz in centraler Richtung fortzupflanzen. Was die Gewölbefaserung betrifft, so besitzt die Hauptmasse derselben, wie Fälle von Degeneration des Fornix darthun, absteigende Richtung. Welche physiologische Aufgaben dem Fornix zukommen, lässt sich gegenwärtig noch nicht sicher feststellen, doch weist sein Ursprung in der Spitze des Ammonshornes bezw. in dem Riechcentrum darauf hin, dass die Gewölbefasern motorische Erre-




Fig. 566.

Frontalschnitt durch das Gehirn eines 2 Monate 28 Tage alten Kindes. Behandlung nach *Weigert*. *cc* Balken; *p* Pyramidenbahn; *tt* Markfasern der oberen Schläfenwindung; *ft* parietaler Thalamusschenkel; *gp* Glob. pallidus; *fti* unterer Thalamusschenkel; *tro* Tractus opticus.

gungen, die unter dem Einflusse von Riechempfindungen zur Entwickelung gelangen, tieferliegenden centralen Stätten zuführen.

Am unbestimmtesten sind unsere Kenntnisse von den Verrichtungen der mit dem Nucleus caudatus und dem Globus pallidus in Beziehung stehenden Faserzüge. Man weiss nur, dass sie absteigende Bahnen darstellen und dass sie vermutlich für die Motilität der Organe, wie der Gefässe, von Bedeutung sind; allein über alles Einzelne herrscht hier noch tiefes Dunkel.

Die mächtigen Systeme der Kommissuren (Fig. 566 *cc*) und der Associationsbahnen (Fig. 565) endlich haben die Bestimmung, den Austausch kortikaler Impulse zwischen beiden Hemisphären zu ver-

mitteln, näher- oder fernerliegende Rindengebiete mit in Erregung zu versetzen und die associative Thätigkeit der verschiedenen kortikalen Centra zu ermöglichen.

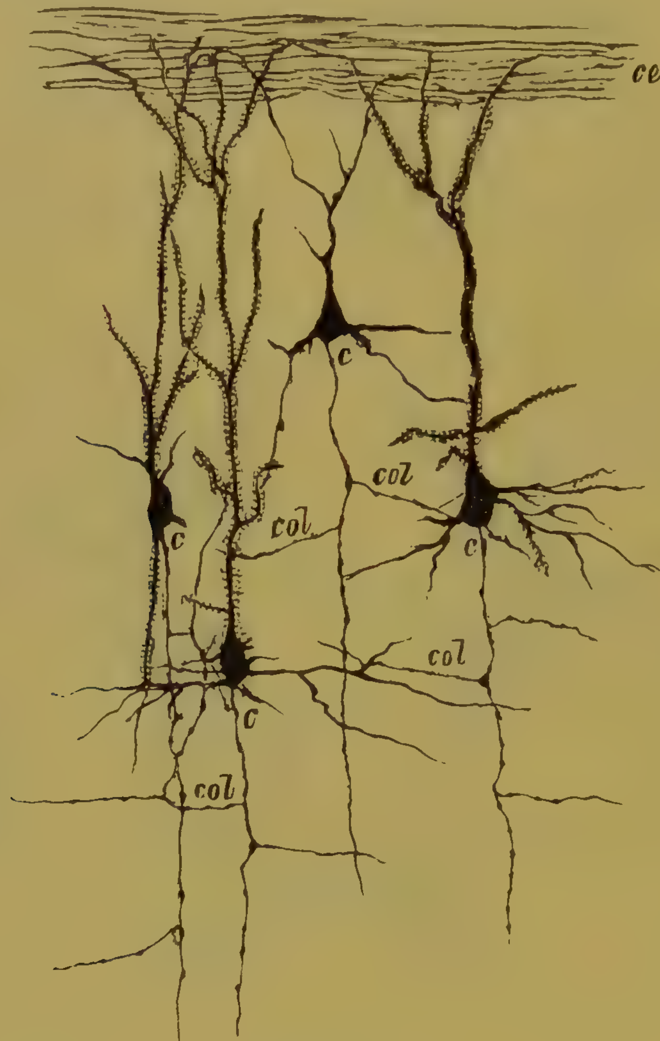



Fig. 567.
Nervenzellen aus der Endhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. *Golgi*-Methode. *ce* äussere Rindenschicht; *c*, *c*, *c* Neuriten; *col* Kollateralen letzterer, an die Körper und Dendriten von Nachbarzellen herantretend.

---

# Litteratur

## über Endhirnbahnen.

*Adamkiewicz*, Eine Bemerkung zu *Flechsigs* Mitteilung: Über ein neues Einteilungsprinzip der Grosshirnoberfläche. Neurolog. Centralbl. 1895. *Flechsigs* Bemerkung ibidem S. 77. — *Anton*, Zur Balkendegeneration im menschlichen Gehirn. Jahrb. f. Psych. 1895, Bd. XIV. — *Derselbe*, Die Bedeutung des Balkenmangels

für das Grosshirn. Wien. klin. Wochenschr. 1896, Nr. 45. — *Azoulay*, La corne d'Ammon chez l'homme. Soc. Anatom. 1894. — *Bechterew*, Über die Lokalisation der Haut- und Muskelsensibilität an der Gehirnoberfläche. Wratsch 1883, Nr. 30. Neurolog. Centralbl. 1883, Nr. 18. — *Derselbe*, Über eine bisher unbekannte Verbindung der grossen Oliven mit dem Grosshirn. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 9. — *Derselbe*, Zur Frage der sekundären Degenerationen des Hirnschenkels. Westnik klin. i szud. psich. 1885, Heft 1 (russisch). — *Derselbe*, Zwangsbewegungen nach Läsionen der Hirnrinde. Virchows Archiv 1885. — *Derselbe*, Physiologie der motorischen Zone der Grosshirnrinde. Charkoff 1887 (russisch). — *Derselbe*, Die Hemisphären des Grosshirns in: Grundzüge der mikr. Anatomie des Menschen und der Tiere, herausg. von Lawdowski und Owsjannikow. S. Petersburg 1888 (russisch). — *Derselbe*, Die äusseren Associationsbahnen der Grosshirnrinde. Neurolog. Centralbl. 1891, Nr. 22. — *Beevor*, On prof. Hamiltons theory concerning the corpus callosum. Brain 1885 u. 1886. — *Derselbe*, On the course of the fibres of the cingulum. Phil. Trans. R. Soc. 1891. — *Derselbe* und *Horsley*, The arrangement of the excitable fibres of the internal capsule. Phil. Trans. 1890, Bd. CLXXXI. — *Betz*, Anatomischer Nachweis zweier Gehirncentra. Mediz. Centralbl. 1874. — *Bianchi*, Sulle degenerazioni discendenti endoemisferiche, seguite all' estirpazione dei lobi frontale. Annali di neurologia 1895, Bd. XIII. — *Derselbe*, La psychiatria 1886. — *Derselbe* u. *d'Abundo*, Die ins Gehirn und Rückenmark herabsteigenden experimentellen Degenerationen etc. Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 17. — *Blumenau*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890. — *Derselbe*, Zur Entwickelungsgeschichte und feineren Anatomie des Balkens. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XXXVII. — *Brissaud*, Nouv. Icon. de la Salpetr. 1894. — *Carbonieri*, Contributo clin. alla soc. del centro olfattivo. Riv. cl. di Bologna 1885. — *Charcot*, Léçons sur les maladies du système nerveux. 1874. — *Burdach*, Vom Baue und Leben des Gehirns. Leipzig 1822. — *Charpy*, Traite d'Anatomie humaine du système nerveux 1894. — *Colleja*, La region olfactoria del cerebro. Madrid 1893. — *Dana*, The central tracts of olfactory nerfs and their diseases. New-York med. Journ. 1889. — *Deiters*, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Braunschweig 1865. — *Déjérine*, Contribution à l'étude de la dégénérescence des fibres du corps calleux. Soc. de Biol. 1892. — *Derselbe*, Sur l'origine cortical et le trajet intracérébral des fibres de l'étage inférieure etc. Extraits des mémoires de la Société de Biologie. Séance du 30 Dec. 1893. — *Derselbe*, Sur les connexions du ruban de Reil. Soc. de Biol. 1895. — *Derselbe* und Mme. *Déjérine-Klumpke*, Anatomie des centres nerveux. Avec 401 figures dans le texte dont 45 en couleurs. Paris, Rueff et Co. 1895. — *Déjérine* et *Thomas*, Arch. de physiol. norm. et pathol. Vme Série I. VIII No. 2, Avril 1896. — *Edinger*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896. — *Derselbe*, Über die Bedeutung des Corpus striatum. Verh. der Vers. südwestdeutscher Neurologen und Irrenärzte in Strassburg 1887. Arch. f. Psych. 1887, Bd. XIX. — *Derselbe*, On the importance of the corpus striatum. Journ. of nerv. and mental dis. 1887, Bd. XIV. — *Derselbe*, Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Gehirns. Frankfurt 1888. — *Derselbe*, Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Gehirns: III. Neue Studien über das Vorderhirn der Reptilien. Mit 14 Abbild. u. 4 Tafeln. Frankfurt a. M., Diesterweg. — *Derselbe*, Über die Entwickelung der Rindenfasern. Neurolog. Centralbl. 1895, S. 617. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1895. — *Derselbe*, Die Faserung aus dem Stammganglion (Corpus striatum). Verh. d. anat. Gesellsch. in Strassburg 1894. Anat. Anz. 1894. — *Exner*, Zur Kenntnis vom feineren Bau der Grosshirnrinde. Wien. Sitzb. 1881. — *Ferrier*, The fonction of the brain. London 1876. — *Flatau*, Atlas des menschlichen Gehirns. Berlin 1894. — *Flechsig*, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen

dargestellt. 20 Tafeln. Leipzig 1876. — *Derselbe*, Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Leitungsbahnen im Gehirn des Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1881. — *Derselbe*, Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig 1883. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der Hinterstränge mit dem Gehirn. Neurolog. Centralbl. 1885. — *Derselbe*, Gehirn und Seele. Leipzig 1896. — *Derselbe*, Über ein neues Einteilungsprinzip der Grosshirnoberfläche. Neurolog. Centralbl. 1894. — *Derselbe*, Weitere Mitteilungen über die Sinnes- und Associationscentren des menschlichen Gehirns. Neurolog. Centralbl. 1895. — *Derselbe*, Die Lokalisation der geistigen Vorgänge etc. Leipzig 1896. — *Derselbe*, Weitere Mitteilungen über den Stabkranz des menschlichen Grosshirns. Neurolog. Centralbl. 1896. — *Derselbe* und *Hösel*, Die Centralwindungen als Centralorgan der Hinterstränge. Neurolog. Centralbl. 1890. — *Friedmann*, Einiges über Degenerationsprozesse im Hemisphärenmarke. Neurolog. Centralbl. 1887. — *Ganser*, Über die vordere Hirnkommissur der Säugetiere. Arch. f. Psych. 1878, Bd. IX. — *Derselbe*, Über die periphere und centrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psych., Bd. XVI. — *van Gehuchten*, Le système nerveux de l'homme. 1893 und 2. Aufl. 1897. — *Derselbe*, Le faisceau longitudinal postérieur. La Cellule. Bruxelles 1895. — *Derselbe*, Le bulbe olfactif de l'homme. 8 p. avec figures. Paris, Levrault et Co. 1895. — *Derselbe* und *Martin*, Le bulbe olfactif chez quelques mammifères. La Cellule 1891, Bd. VII. — *Giacomini*, Fascia dentata del grande hippocampo nel cervello umano. Giorn. d. R. Acad. di Medic. Torino 1883. — *Golgi*, Origine del tractus olfactorius et struttura dei lobi olfattori. Rendic. d. r. ist. lombarde, Bd. XV. — *Derselbe*, Arch. ital. de Biologie 1894. — *Gudden*, Gesammelte und hinterlassene Abhandlungen. Wiesbaden 1889. — *Hamilton*, On the corpus callosum in the embryo. Brain, Bd. VIII. — *Hammerberg*, Studien über Klinik und Pathologie der Idiotie. Upsala 1895. — *Henle*, Handbuch der Nervenlehre des Menschen. 1879. — *Henschen*, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. 3 Teile. Upsala. — *Hess*, Zur Degeneration der Hirnrinde. Wien. Med. Jahrb. 1886. — *Hill*, The Brain mechanisme of sight and smell. Brit. medic. Journal 1886. — *Derselbe*, The fascicolo cinerea, its relation to the fascia dentata and to the nerves of Lancisi. 5 Fig. Proc. of the R. Soc. V. 58. p. 349. — *Derselbe*, The Hippocampus. Phil. Trans. 1893. — *Hirt*, Zur Lokalisation des kortikalen Kaumuskelcentrums beim Menschen. Berl. klin. Wochenschr. 1887. — *His*, Über die Entwickelung des Riechlappens. Verh. d. anat. Ges. 1893. — *Hitzig*, Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874. — *Hoche*, Archiv f. Psych. Bd. XXX Heft 1. — *Hösel*, Die Centralwindungen ein Centralorgan der Hinterstränge und des Trigeminus. Arch. f. Psych., Bd. XXIV, Heft 2. — *Hossnegger*, Recueil de Zool. Suisse 1890, Bd. V, S. 281. — *Jung*, Über das Gewölbe im menschlichen Gehirn. Basel 1845. — *Kaes*, Über den Faserreichtum der Hirnrinde. Neurolog. Centralbl. 1893. — *Derselbe*, Über Grosshirnrindenmasse und über Anordnung der Markfasersysteme. Wien. med. Wochenschr. 1895. — *Derselbe*, Über Grosshirnrindenmasse und über Anordnung der Markfasersysteme in der Rinde des Menschen. Vortrag auf der Naturf.-Vers. in Lübeck. Wien. med. Wochenschr. 1895, Nr. 41 u. 42. — *Derselbe*, Über den Markfasergehalt der Hirnrinde. Vortrag in der biol. Abt. des ärztl. Vereins in Hamburg. Münch. medic. Wochenschr. 1896, Nr. 5. — *Derselbe*, Über den Markfasergehalt der Grosshirnrinde eines $1^1/_2$jähr. männlichen Kindes. 4 Tafeln. Irrenanstalt Friedrichsberg. Jahresb. der Hamburger Staatskrankenanstalten. IV. 1893—1896. — *Kaufmann*, Über Mangel des Balkens. Arch. f. Psych. Bd. XVIII. — *Kèraval* u. *Targowla*, Fibres nerveuses à myéline intra-corticales du cerveau. Annal. medico-psychol. 1890. — *v. Kölliker*, Über den feineren Bau des Bulbus olfactorius. Sitzb. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg. 1892. — *Derselbe*, Über den Fornix longus s. superior des Menschen. Vierteljahrs-

schr. d. Naturforsch. Gesellsch. in Zürich. — *Derselbe,* Kritik der Hypothesen von *Rabl-Burckhard* und *Duval* über amöboide Bewegungen der Neurodendren. Sep.-Abdr. — *Derselbe,* Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1896. — *Korányi,* Über die Folgen der Durchschneidung des Hirnbalkens. Pflügers Archiv. Bd. XLVII. — *Kowalewski,* Das Verhältnis des Linsenkerns zur Hirnrinde bei Menschen und Tieren. Sitzb. d. Akad. d. Wissensch. III. Abt. Bd. LXXXVI. Jahrg. 1882. — *Kundrat,* Die Arhinencephalie. Graz 1882. — *Landmeyer, W.,* Sekundäre Degeneration nach Exstirpation motorischer Centra. Zeitschrift f. Biologie 1893. Bd. XXVIII S. 177. — *Langley* and *Grünbaum,* Journ. of physiology 1891, S. 606—628. — *Lemos,* Histologie de la region psychomotrice chez le nouveauné. Porto 1882. — *v. Lenhossék,* Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane. Wiesbaden 1894. — *Derselbe,* Der feinere Bau des Nervensystems. 2. Aufl. Berlin 1895. — *Leonowa,* Über das Verhalten der Neuroblasten des Occipitallappens bei Anophthalmie und Bulbusatrophie und seine Beziehungen zum Sehakt. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893, S. 308. — *Dieselbe,* Über das Verhalten der Neuroblasten des Occipitalhirns. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1893. — *Lewis Bew,* Researches on the comparative structure of the cortex cerebri. Phil. Trans. 1880. — *Löwenthal, N.,* Neuer experimentell-anatomischer Beitrag zur Kenntnis einiger Bahnen im Gehirn und Rückenmark. Internat. Monats-Schr. f. Anat. u. Physiol. 1893 Heft 5, 6, 7. — *Derselbe,* Über den Unterschied zwischen der sekundären Degeneration des Seitenstranges nach Hirn- und Rückenmarksverletzungen. Pflügers Archiv 1883 Bd. 31 S. 350. — *Derselbe,* Des dégénérations sécondaires de la moelle épinière consecutives aux lésions experim. med. et cort. Refer.: Neurol. Centralbl. 1886 No. 2. — *Lotheisen,* Über die Striae medullares thalami optici und ihre Verbindungen. Anat. Hefte 1894. — *Lugaro,* Contributo alla fine anatomia del gran pie de d'hippocampo. Arch. science med., Bd. XVIII. — *Luys,* Recherches sur le système nerveux cérébrospinale. Paris 1865. — *Derselbe,* Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen. Intern. wissensch. Bibl. 1877, Bd. XXVI. — *Mahaim,* Ein Fall von sekundärer Erkrankung des Thalamus etc. Arch. f. Psych., Bd. XXV, Heft 2. — *Mancopf,* Zeitschr. f. klin. Medicin 1884, Bd. VII. Suppl.-Heft. — *Marchand,* Über die Entwickelung des Balkens im menschlichen Gehirn. Arch. für mikrosk. Anat. Bd. XXXVIII. — *Marchi,* Sulla fina anatomia dei corp. striati e talami ottici. Riv. sperim. di Fren. 1886. — *Marinesco,* Des connexions du corps strié avec le lobe frontal. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1895, Febr. — *Martin,* Zur Entwickelung des Gehirnbalkens bei der Katze. Anat. Anz. 1893—1894. — *Martinotti,* Sulla struttura del nestro di Vicq d'Azyr. 1887. — *Derselbe,* Beitrag zum Studium der Hirnrinde. Internat. Mon.-Schr. f. Anat. u. Physiol. 1890, Bd. VII. — *Mellus, L.,* Preliminary note on bilateral degeneration in the spinal cord of monkeys. Proceed. of the Royal Society 1894 May 23. — *Meyer,* Zur Homologie der Fornixkommissur und des Septum pellucidum bei den Reptilien und Säugern. Anat. Anz. 1895, S. 474. — *Meynert,* Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtlichen Verschiedenheiten. Vierteljahrsschr. f. Psych. 1867, Bd. I. — *Derselbe,* Beiträge zur Kenntnis der centralen Projektion der Sinnesoberflächen. Sitzb. d. Wien. Akad. 1869, Bd. LIX, Abt. II. — *Derselbe,* Neue Studien über Associationsbündel. Sitzungsb. d. Wien. Akad., Bd. CI. — *Derselbe,* Über Unterschiede im Gehirnbau des Menschen und der Säugetiere. Mitt. d. Wien. Anthrop. Gesellsch. 1870, Nr. 4. — *Derselbe,* Vom Gehirn der Säugetiere. Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Tiere. Bd. II. Leipzig 1872. — *Derselbe,* Neue Untersuchungen über Grosshirnganglien und Gehirnstamm. Wien. Akad. Anz. 1879, Nr. 18. — *Derselbe,* Skizze des menschlichen Grosshirnstammes nach seiner Aussenform und seinem inneren Bau. Arch. f. Psych. 1884, Bd. IV. — *Derselbe,* Psychiatrie. Anatom. Ein-

leitung. 1884. — *Mingazzini*, Über die gekreuzte cerebro-cerebellare Bahn. Neurolog. Centralbl. 1895. — *Minor*, Über die Bedeutung des Corpus striatum. Inaug.-Dissert. Moskau 1882 (russisch). — *Möller*, Über eine Eigentümlichkeit der Nervenzellenfortsätze in der Grosshirnrinde. Anat. Anz. 1889. — *v. Monakow*, Experimentelle Untersuchungen über Hirnrindenatrophien. Neurolog. Centralbl. 1883, Nr. 22. — *Derselbe*, Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Beziehungen der Sehsphäre zu den infrakortikalen Opticuscentren. Arch. f. Psych. Bd. XIV, XVI, XX, XXIII, XXIV. — *Derselbe*, Über einige durch Exstirpation circumscripter Hirnrindenregionen bedingte Entwickelungshemmungen des Kaninchenhirns. Arch. f. Psych., Bd. XII. — *Derselbe*, Corresp.-Blatt f. Schweizer Ärzte 1890, Bd. XX. — *Mondini*, Ricerche macro-i microscopiche sui centri nervosi. Torino 1887. — *Munk*, Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878. — *Muratoff*, Sekundäre Degenerationen des Hirnbalkens. Wratsch 1892, Nr. 42 (russisch). — *Derselbe*, Sekundäre Degenerationen nach Zerstörung der motorischen Sphäre des Gehirns in Verbindung mit der Frage von der Lokalisation der Hirnfunktionen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893, S. 97 ff. — *Derselbe*, Sekundäre Degeneration nach Zerstörung des Balkens. Neurolog. Centralbl. 1894. — *Derselbe*, Zur Pathologie der Gehirndegenerationen bei Herderkrankungen der motorischen Sphäre der Rinde. 2 Abbildungen. Neurolog. Centralbl. 1895, S. 482 und 1898 No. 11. — *Obersteiner*, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane. 1896. — *Onufrowitsch*, Das balkenlose Mikrocephalengehirn Hoffmann. Archiv f. Psych., Bd. XVIII, Heft 2. — *Oxborn*, The origin of the corpus callosum. Morphol. Jahrb., Bd. XII. — *Passow*, Über den Markfasergehalt der Centralwindungen eines normalen männlichen Individuums. Neurolog. Centralbl. 1898 No. 6. — *Popow, N.* u. *Flechsig*, Ursprungsgebiete der Fasern der vorderen Kommissur in der Hirnrinde des Menschen. Neurolog. Centralbl. 1886, Nr. 22. — *Ramón y Cajal*, Gaceta medica catalona 1890. Ref. in Neurolog. Centralbl. 1891, Nr. 22. — *Derselbe*, Nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertébrés. Paris 1894. — *Derselbe*, Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems. Arch. f. Anat. u. Entwickel. 1893, S. 319 ff. — *Derselbe*, Rivista trimestral de Histologia 1888—1889. — *Derselbe*, Sur la structure de l'écorce cérébral des quelques mammifères. La Cellule 1891. — *Derselbe*, Beiträge zur feineren Anatomie des Grosshirns. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LVI. — *Rauber*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Nervenlehre und Sinnesorgane. Bd. II. Leipzig 1898. — *Redlich, E.*, Über die anatomischen Folgeerscheinungen ausgedehnter Exstirpationen der motorischen Rindencentra bei der Katze. Neurol. Centralbl 1897 No. 18 S. 818. — *Retzius*, Die Endigungsweise der Riechnerven. Biol. Unters. 1892. — *Derselbe*, Die *Cajal*schen Zellen der Grosshirnrinde. Biol. Unters. N. F. Bd. V. — *Derselbe*, Das Menschenhirn. Studien in der makroskopischen Morphologie. Mit einem Atlas von 96 Tafeln in Lichtdruck und Lithographie. Stockholm 1896. — *Reimers*, Obosr. Psichiatrii 1897 (russisch). — *Richter*, Zur Frage der optischen Leitungsbahnen des menschlichen Gehirns. Arch. f. Psych., Bd. XII, Heft 3. — *Rietz*, Beitrag zur Kritik der balkenlosen Gehirne. Dissert. Berlin 1894. — *Rindfleisch*, Zur Kenntnis der Nervenendigungen in der Hirnrinde. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. VIII. — *Romanow*, Zur Frage von den centralen Verbindungen der motorischen Hirnnerven. Vorl. Mitt. Neurolog. Centralbl. 1898 No. 13. — *Rossolymo*, Ein Fall von totaler Degeneration eines Hirnschenkelfusses. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 7. — *Rothmann*, Neurolog. Centralbl. 1896 No. 11 und 12. — *Rychlinski*, Das Hemisphärenmark des menschlichen Gross hirns. Leipzig 1892. — *Sachs*, Ein Beitrag zur Frage des fronto-occipitalen Associationsbündels mit Demonstrationen. Allg. Zeitschr. f. Psych., Bd. LIII. Autoreferat. — *Sala*, Zur feineren Anatomie des Seepferdefusses. Zeitschr. f. wissensch.

Zool. Bd. LII. — *Schäffer*, Beiträge zur Histologie der Ammonshornformation. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XXXIX. — *Schäfer*, *E. A.*, Report on the lésions primary an secondary in the brain and spinal cord etc. The Journal of Physiology 1884 Vol. V p. 49. — *Schnopfhagen*, Die Entstehung der Windungen des Grosshirns. Wien 1890. — *Schwalbe*, Lehrbuch der Neurologie. 1881. — *Sherrington*, Journ. of Physiology 1889. — *Derselbe*, ibidem 1893, Bd. XIV. — *Smith*, The connection between the olfactory bulb and the Hippocampus. 2 Fig. Anat. Anzeiger 1894, S. 470. — *Derselbe*, The Morphology of the true limbic lobe, c. callosum, septum pellucidum, and fornix. Journ. of Anatomy 1895, Bd. XXX. — *Derselbe*, The fornix superior. Journ. of. Anat. and Physiol. 1896, Bd. XXXI. — *Targowla*, Les fibres nerveuses intracorticales. Thèse de Paris 1890. — *Thomas*, Dévelopement des cellules de l'écorce. Soc. de Biol. 1894. — *Trolard*, Appareil nerveux de l'olfaction. Arch. de Neurol., Bd. XXI u. XXII. — *Tschermak*, *A.*, Neurolog. Centralbl. 1898 No. 5. — *Tuczek*, Über die Anordnung der markhaltigen Nervenfasern in der Grosshirnrinde. Neurol. Centralbl. 1882. — *Wernicke*, Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. Bd. I. Anatom. Einleitung. Cassel 1881. — *Witkowski*, Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Arch. f. Psych. 1883, Bd. XIV. — *Vialet*, Les centres cérébraux de la vision et l'appareil nerveux visuel intracérébral. Paris 1893. — *Vignal*, Sur le dévelopement des éléments de la substance grise corticale. Comptes rendues 1886. — *Vogt*, Über Fasersysteme in den mittleren und kaudalen Balkenabschnitten. Dissert. Leipzig, Veit u. Co. 1894. — *Vulpius*, Über die Entwickelung und Ausbreitung der Tangentialfasern. Arch. f. Psych. Bd. XXIII. — *Zacher*, Über das Verhalten der markhaltigen Fasern in der Hirnrinde. Arch. f. Psych., Bd. XVIII. — *Zinn*, Das Rindenfeld des Auges. Münch. med. Wochenschr. 1892. — *Zuckerkandl*, Über das Riechcentrum. Stuttgart 1887. — *Derselbe*, Das Riechbündel. Anat. Anz. 1888. — *Derselbe*, Anatomie der Nasenhöhle. 2. Aufl. 1893.

# VI. Abschnitt.

## Von der Leitungseinrichtung im Nervensystem.

Unsere Vorstellungen von den Verhältnissen der Nervenleitung, von den gegenseitigen Beziehungen zwischen den Elementen des Nervensystems haben durch die Einführung neuer Untersuchungsmethoden wesentliche Umgestaltungen erfahren. *Golgis* unschätzbares Verfahren ist hier wegen der bedeutungsvollen Ergebnisse, die es zu Tage gefördert, in erster Linie namhaft zu machen.




Fig. 568.

Sternförmige Nervenzelle aus der feinkörnigen Lage der Kleinhirnrinde. Versilberung nach *Golgi*. Der Neurit c bildet teils ein Geäste, teils geht er unter Abgabe von Seitenreisern an *Purkinje*sche Zellen in einen langen Faden über.

Die Zellen des Centralnervensystems erweisen sich, wenn man Präparate aus den verschiedensten Gegenden zum Studium heranzieht, in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle als unipolare Gebilde, insofern als sie ausser einer Anzahl verzweigter Dendriten nur einem einzigen

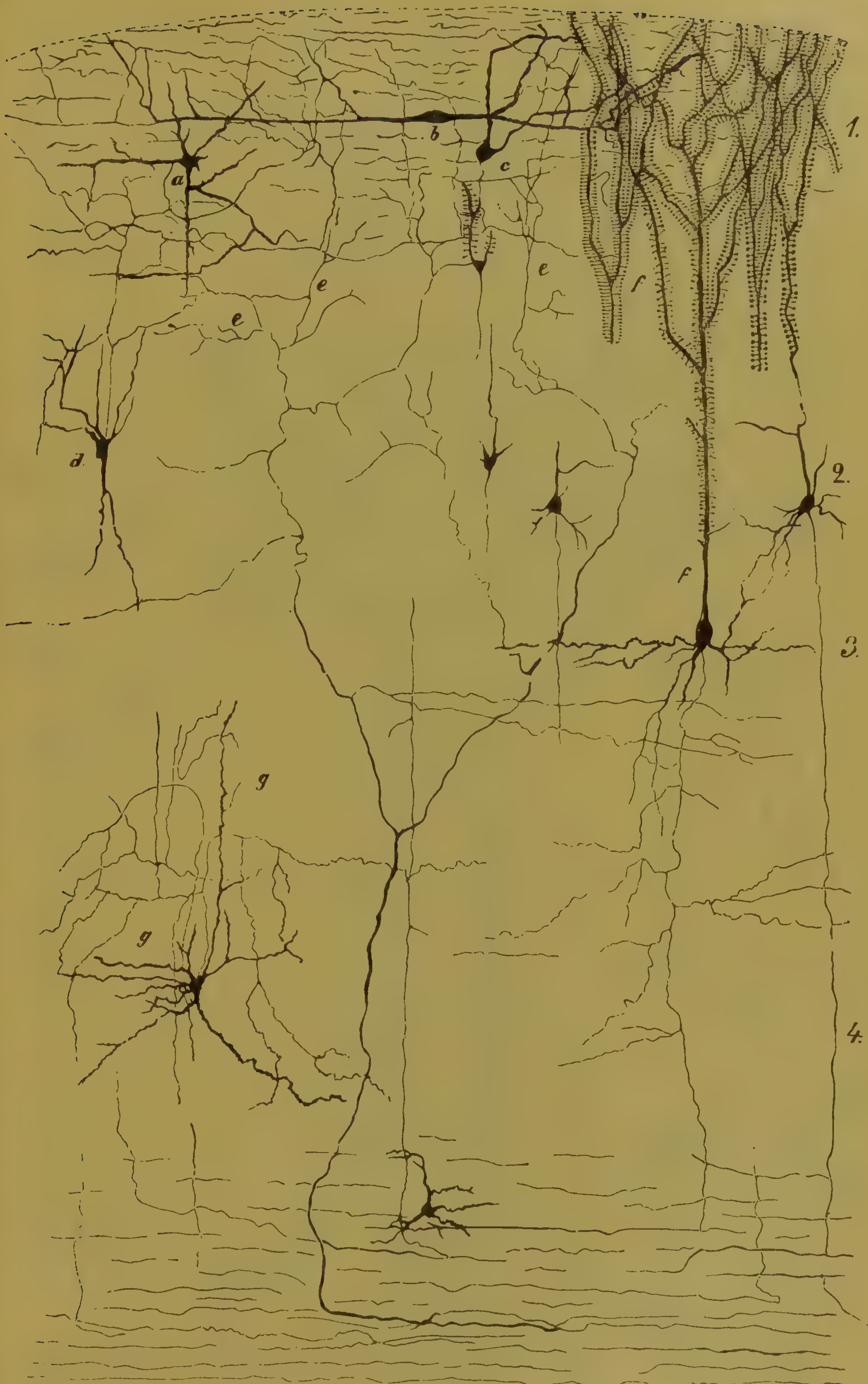



Fig. 569.

Schematischer Durchschnitt der Endhirnrinde eines Säugetiers. Kombiniert nach Präparaten von *Ramón y Cajal*. Nach *L. Edinger*. 1—4 Schichten der Rinde; *a*, *b*, *c* Zellen der äusseren Lage mit je mehreren Neuriten; *d* Spindelzelle aus der Tiefe derselben Schicht; *e* Fernfaser, in die erste Schicht eintretend; *f* Gipfelfortsätze von Zellen der tieferen Schicht; *g* kleine Elemente der 4. Schicht mit verschieden gerichteten verästelten Neuriten.

Achsencylinder- oder Nervenfortsatz den Ursprung geben (Fig. 567*c*), der bald unter mehr oder weniger reichlicher Abgabe von Kollateralen in einen frei sich verästelnden Nervenfaden übergeht, bald sich schnell in zahlreiche frei endigende feinste Fäserchen aufsplittert (Fig. 569 *d*, *g*). Seltener sind Übergangsformen, wo der Achsencylinder zu einem Teile sich bald nach seiner Entstehung aufzweigt und mit dem Rest in eine Nervenfaser übergeht. Elemente der letztgenannten Art finde ich unter den Sternzellen des Kleinhirns (Fig. 568); auch im Grau des Rückenmarkes kommen sie vor.

In der Rinde niederer Geschöpfe sind von *Ramón y Cajal* Nervenzellen mit zwei und mehr die Charaktere von Neuriten darbietenden Fortsätzen aufgefunden worden. Hier würden demnach bereits bi- und multipolare Zellen vorliegen (Fig. 569 *a*, *b*, *c*). Solche Formen gehören aber in der Rinde höherer Säugetiere und bei dem Menschen zu den Seltenheiten. Ebenso selten sind zweifellos apolare Zellformen mit fehlenden Neuriten, als deren Paradigmata die Körnerzellen des Riechbulbus (Fig. 570) gelten können.



Fig. 570.
Aus dem Lobus olfactorius der Katze. Versilberung nach *Golgi*. Vier Nervenzellen aus der Körnerschicht sind dargestellt.

In dem peripheren Nervensystem überwiegen folgende Zelltypen: 1. bipolare, in den in die Bahn peripherer Nerven eingeschalteten Ganglien, und 2. unipolare im sympathischen System, in den Intervertebralganglien und in den Nervenknoten der inneren Organe (Fig. 571). Übrigens enthalten die Intervertebralganglien und das Ganglion Gasseri bekanntlich birnförmige Elemente mit je einem Neuriten, welcher T-förmig auseinanderweichend einen Ast zur Peripherie, den anderen centralwärts bezw. zum Rückenmarke hinsendet. Ein ähnlicher Zelltypus ist unlängst von *Ramón y Cajal* im Corpus mammillare nachgewiesen worden. Ihrer Entwickelung nach erweisen sich diese Elemente jedoch als modifizierte bipolare Zellen, besitzen zu einer gewissen Entwickelungsstufe beim Menschen sowohl, wie bei tiefer stehenden Geschöpfen thatsächlich bipolare Gestalt und behalten in den Spinalganglien gewisser Fische diese Form dauernd bei. Im Verlaufe der Entwickelung krümmt sich der Leib der bipolaren Spinalganglienzelle nach und nach so, dass die Fortsätze einander näher zu rücken beginnen, mit ihren basalen Stücken verschmelzen und schliesslich die bekannte T-Figur darbieten.

Der periphere Fortsatz der Bipolarzellen peripherer Ganglien stellt, wie die Entwickelung zeigt, ähnlich dem gleichen Fortsatz der Spinal-

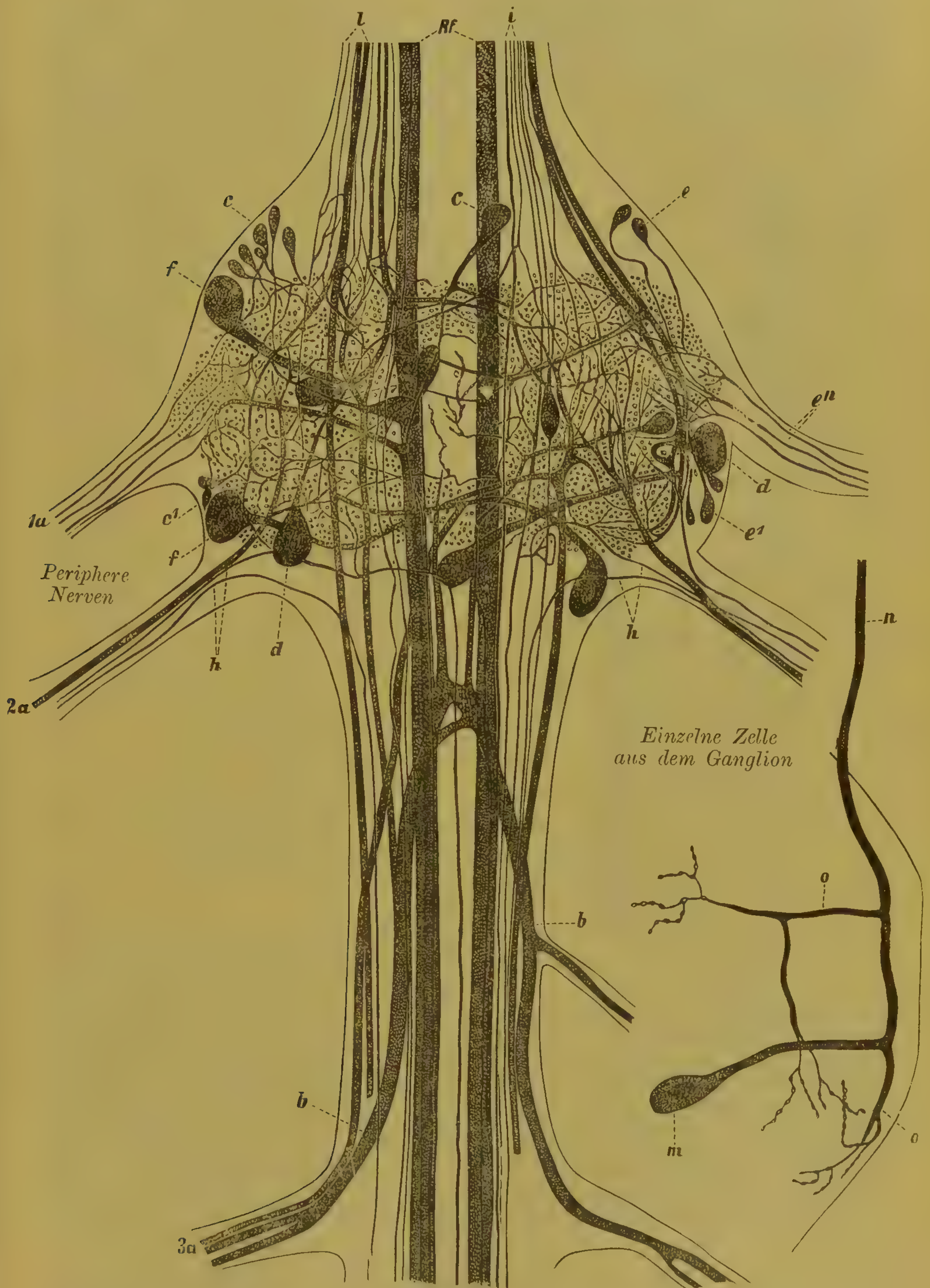



Fig. 571.
Das erste Bauchganglion von Astacus fluviatilis. Methylenblaureaktion des lebenden Gewebes. Nur Nervenfasern und Nervenzellen färben sich. Nach *Retzius*.

ganglienzellen nur einen modifizierten markbekleideten Dendriten vor. Die centralen Fortsätze aber haben hier wie dort die Bedeutung wahrer Neuriten. Jener erscheint auch im Verhältnis zu diesen dauernd von grösserer Stärke. Für die Verhältnisse der Nervenleitung sind diese Einzelheiten, wie im folgenden gezeigt werden soll, nicht ohne Belang.

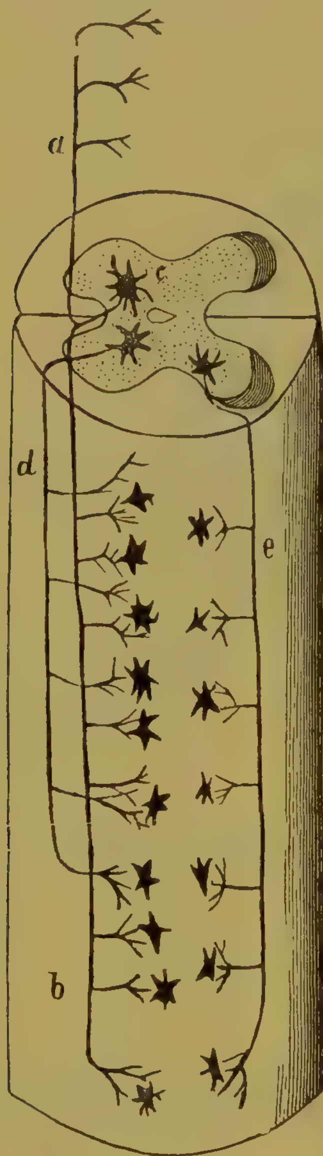



Fig. 572.
*c* Kommissurenzelle, sendet einen Fortsatz in die ventrale Kommissur hinein; *a* und *b* auf- und absteigender Ast dieses Fortsatzes, von welchen Kollateralen zu anderen Kommissurenzellen sich abzweigen; *d* ungekreuzter Fortsatz einer Kommissurenzelle, welcher Kollateralen zu Kommissurenzellen benachbarter Querschnitte entsendet.

Es ist bereits wiederholt hervorgehoben worden, dass die Neuriten der Elemente des Centralnervensystems und ihre Kollateralreiser nirgends miteinander zusammenfliessen oder *(Golgi)* zur Bildung von Netzen sich vereinigen. Vielmehr lösen sich beide Arten von Zellfortsätzen, wo immer sie angetroffen werden, in freie Endigungen auf (Fig. 572). Aber auch die Protoplasmafortsätze bewahren stets ihre Selbständigkeit und gehen nicht, wie von der älteren Lehre *Gerlach*s behauptet wurde, ineinander über. So erscheinen die Nervenzellen, ähnlich den Elementen anderer Körpergewebe, als völlig selbständige Gebilde ohne gegenseitigen organischen Zusammenhang. Da andererseits freie Fasern im Nervensystem nirgends nachgewiesen sind, sondern überall als verlängerte Achsencylinderfortsätze von Nervenzellen auftreten, so bilden diese Nervenzellen mit ihren Fortsätzen, wenn man von den Gefässen und den Zellen der Neuroglia absieht, die einzigen Elemente der Nervencentra.

*Golgi*s Unterscheidung der Nervenzellen in motorische mit langen und sensorische mit kurzverzweigten Achsencylinderfortsätzen, gegen welche ich schon vor *Ramón y Cajal*s bekannten Untersuchungen Bedenken geäussert habe*), entbehrt jeder thatsächlichen Grundlage. Denn viele zweifellos sensorische Centralteile, wie die Kerne der sensorischen Hirnnerven, weisen fast ausschliesslich Zellen mit langen Neuriten auf, während es auf der anderen Seite in motorischen Gebieten

*) *W. Bechterew*, Der Bau der Hirnhemisphären, in „Grundzüge der mikrosk. Anatomie des Menschen und der Tiere", herausg. von *Lawdowski* u. *Owsjannikow* (russisch). St. Petersburg 1887—1888.

des Nervensystems nicht an Zellen mit kurz aufgezweigten Achsencylindern fehlt. Nicht die Natur der zufliessenden Nervenreize, sondern lediglich die Art der Beziehungen zu anderen Zellen verleiht einer Zellform ihre Besonderheit. Zellen mit langen, in einen Nervenfaden übergehenden Neuraxonen sind imstande, weit entlegene Elemente in Erregung zu versetzen; Zellen, deren kurzer Neurit sich schnell aufsplittert, wirken nur in geringer Entfernung, dafür aber gleichzeitig auf ganze Reihen von Nervenelementen, erzeugen also funktionelle Associationen und können darum auch vereinheitlichende oder vermittelnde Zellen genannt werden. Diese Bedeutung der *Golgi*schen Zellen hat

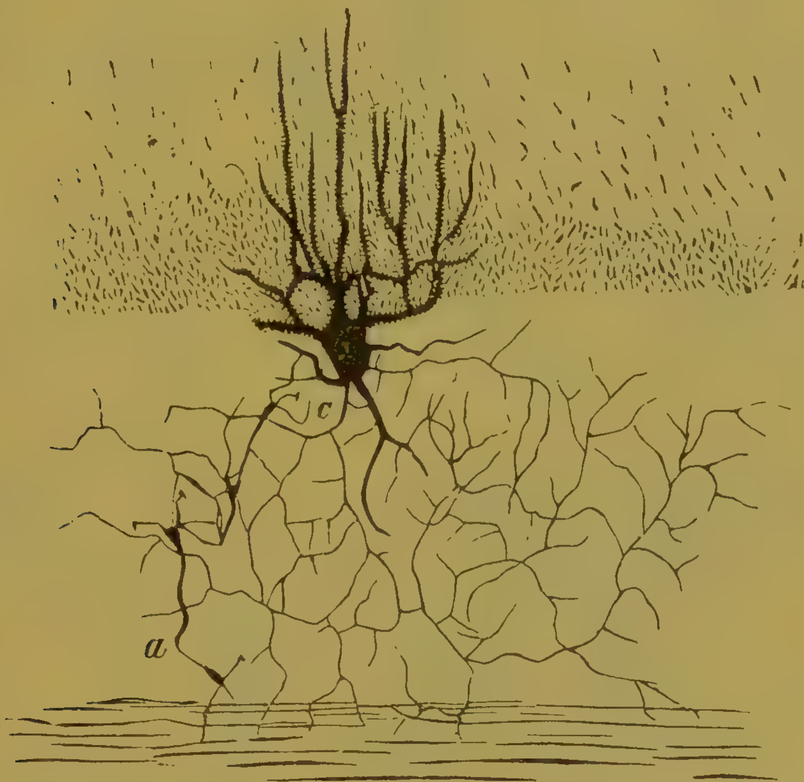



Fig. 573.
Eine Sternzelle aus der Körnerschicht des kleinen Gehirns. *Golgi*-Methode. *c* verästelter Neurit der Zelle; *a* Moosfaser, in der Körnerschicht endigend.

ihr schönstes Paradigma in den Sternzellen der Körnerschicht des Kleinhirns, deren Achsencylinderfortsätze die zahllosen feinsten Reiserchen, in welche sie zerfallen, zwischen die hier vorhandenen Zellanhäufungen hineindringen lassen (Fig. 573 u. 574). Die apolaren Nervenzellen spielen höchstwahrscheinlich die Rolle intermediärer Elemente, die zwischen den Fortsätzen verschiedenartiger Zellen eingelagert den Übergang des Nervenreizes von einer Zellgruppe auf eine andere zu vermitteln bestimmt sind.

Jede Nervenbahn bildet eine Kette aus zwei, drei oder mehreren Nerveneinheiten von wechselndem Typus (Fig. 572 u. 575). Insofern bestehen zwischen centrifugalen und centripetalen Leitungen keine wesentlichen Gegensätze. Die Unterschiede werden nur durch die Richtung der

Achsencylinder bedingt, die in jenen stets absteigend, in diesen dagegen immer aufsteigend verlaufen. Hiermit im Zusammenhange stehen ohne Zweifel gewisse Eigentümlichkeiten der Faserdegenerationen, auf welche die Art des Reizstromes einen wesentlichen Einfluss ausübt. Wie schon erwähnt, besteht das *Waller*sche Gesetz gegenwärtig nicht ohne Einschränkungen zu Recht, seitdem man weiss, dass motorische Neuronen und Systeme nicht nur absteigend, also im Sinne des Reizstromes, sondern auch rückläufig entarten können und dass sich die sensorischen Bahnen nicht anders verhalten. Nur ist der Charakter der Degeneration in beiden Fällen ein verschiedener, indem sich an dem peripheren Neuronende stets die *Waller*sche Degeneration mit schnellem Schwund des Achsencylinders und Nervenmarkes entwickelt, wogegen an dem cerebralen Ende des Neurons vorwiegend Myelinzerfall statthat und der Achsencylinder

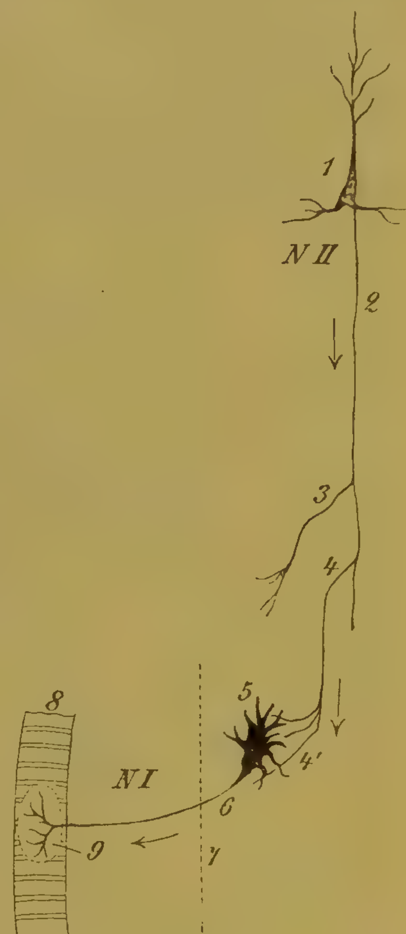



Fig. 575.
Motorische Neuren verschiedener Ordnung. Nach *Rauber*. *NI* periphere motorische Neura oder motorische Neura terminaler Ordnung; *NII* motorische Neura II. Ordnung; 1 Zellkörper der letzteren; 2 ihr Neurit; 3 und 4 Collateralen des Neuriten 2; 4 Endbäumchen des Neuriten 2; 5 Zellkörper der Neure I. Ordnung; 6 ihr Neurit; 7 Grenze des Rückenmarkes; 8 querstreifige Muskelfaser; 9 Endbäumchen der motorischen Endplatte.




Fig. 574.
Sternförmige Zelle aus der Körnerschicht des Kleinhirns der Katze. *Golgi*-Behandlung. *c* Neurit; *a* Moosfaser, aus dem Marklager in die Körnerschicht eintretend.

lange Zeit unversehrt bleibt. Dies sind so wesentliche Gegensätze, dass sie aus dem Verhalten der Faserdegeneration einen Rückschluss auf die Richtung der Leitungssysteme ermöglichen*). Die Degeneration

*) Wenn nach Durchschneidung eines Faserzuges Nervenzellen zu Grunde gehen, so ist in letzteren die Ursprungsstätte desselben zu suchen; findet aber vorwiegend Schwund der faserigen Elemente und der Neuroglia statt, so liegt eine Endstätte vor (*v. Monakow*).

des centralen Endes eines motorischen Nerven erscheint im Grunde dadurch bedingt, dass die zugehörigen Zellen bei andauernder Reizlosigkeit atrophisch werden, worauf die austretenden Fasern und schliesslich auch die Zellen selbst in Entartung übergehen. Degeneration in einem Neuron erzeugt — durch Wegfall des Reizes — Atrophie des unmittelbar sich ihm anschliessenden Neurons; dagegen bleibt letzterer erhalten, wenn sein Kopfende zu Kollateralen anderer Neuronen Beziehungen besitzt und so im Zustande der Thätigkeit verharrt. Bekannt ist ferner, dass ein mit einem zerstörten oder durchschnittenen Neu-




Fig. 576.

Aus dem Lobus olfactorius der Katze. *Golgi*-Methode. *g, g, g* interglomerulöse Dendritenverästelungen von Mitralzellen; *a'* Seitenast des Dendriten *a* zu einem Nachbarglomerulus; *m, m, m* Mitralzellen; *p* Fasergeflecht über der Schicht der Mitralzellen; *f* freie Nervenendigungen im Stratum moleculare und granulosum; *b, b* Endbüschel aus Zellen des Stratum granulosum.

ron funktionell zusammenhängendes Nervenindividuum bei erwachsenen Geschöpfen viel später der Atrophie anheimfällt, als bei neugeborenen, vor allem weil bei letzteren die Kollateralensysteme noch wenig entwickelt sind und im Falle der Unthätigkeit eines Neurons für den Eintritt nachbarlicher ungünstige Bedingungen vorliegen.

Von den Dendriten oder Protoplasmafortsätzen ist es zweifellos *(Ramón y Cajal)*, dass sie nicht, wie *Golgi* annahm, ausschliesslich zu Ernährungszwecken bestimmt sind, zumal jene Beziehungen zu den Gefässen, welche *Golgi* und seine Schüler hervorheben, sich als

verhältnismässig seltene Erscheinungen erwiesen haben. Wiewohl sie mit dem Zellleibe den gleichen nutritiven Funktionen dienen, besitzen die Dendriten, wie es scheint, ein nicht geringeres Leitungsvermögen als die Achsencylinderfortsätze. Einen treffenden Beleg für diesen Satz fand schon *Ramón y Cajal* in dem Lobus olfactorius, wo die baumförmigen Dendritenenden der Mitral- und Körnerzellen in den Glomeruli die einzigen Wege darstellen, welche den Reiz von den sich hier auflösenden Riechfasern centralwärts weiter zu leiten imstande sind (Fig. 576). Es fehlt auch nicht an anderen, nicht minder einwandfreien Beispielen dieser Art. Überhaupt ist nicht einzusehen, warum die mit dem Zellleibe kontinuierlichen Dendriten sich nicht ebenso an der Leitung beteiligen sollten, wie es die Zelle selbst wohl zweifellos thut. Liess doch auch *Golgi* die Leitung durch ein

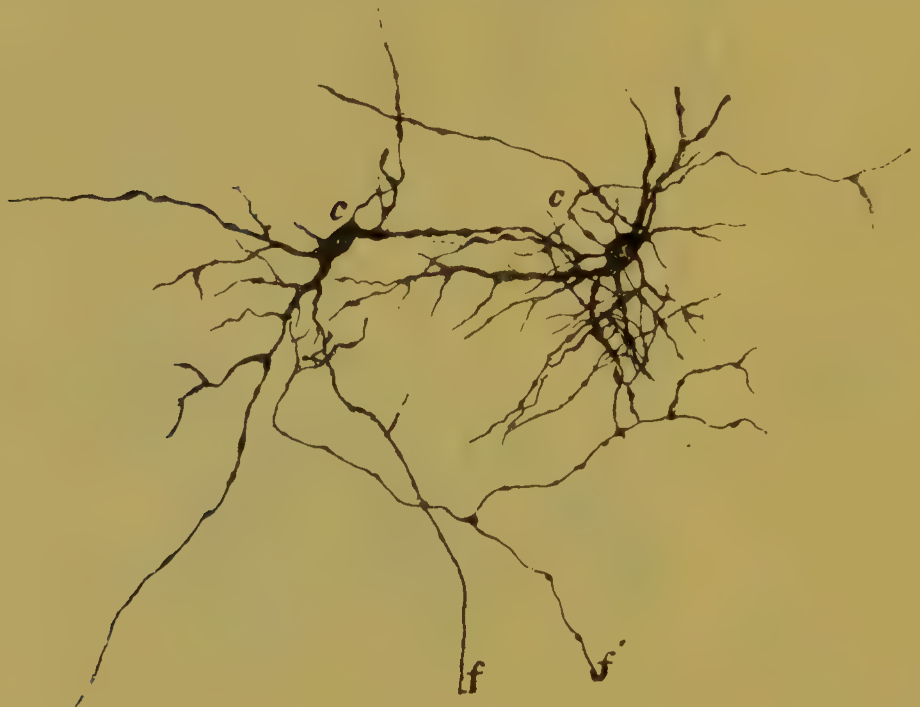



Fig. 577.

Endverästelung von Kollateralen der Hinterwurzeln um Zellen der centralen Gruppe der grauen Substanz. *f, f'* Kollateralen von Hinterwurzelfasern; *c, c* Nervenfortsätze. Rückenmark einer 4monatigen Frucht. Behandlung nach *Golgi*.

von Seitenzweigen der Achsencylinder gebildetes nervöses Netz hindurchgehen, in welchem der Zellleib sozusagen ausserhalb des Leitungsbogens verblieb. Wenn aber der Zelle überhaupt die Bedeutung eines Centrums, und sei es, einer bestimmt unzureichenden Auffassung zufolge, auch nur eines nutritiven *(Nansen)**) zukommt, so muss der dem Achsencylinder zugehende Reiz doch den Zellleib passieren und dieser demnach einen wesentlichen Bestandteil im Leitungsapparate darstellen.

Der am weitesten verbreitete, man könnte sagen übliche Weg des

*) Anatom. Anzeiger 1888.

Zellverkehrs ist der der Ineinanderflechtung feinster Neuritenverästelungen der einen mit den Dendriten und dem Leibe einer anderen Nervenzelle. Solcher Art sind die Beziehungen der hinteren Wurzelfasern zu den Ganglien des Rückenmarkgraus (Fig. 577), der sensorischen

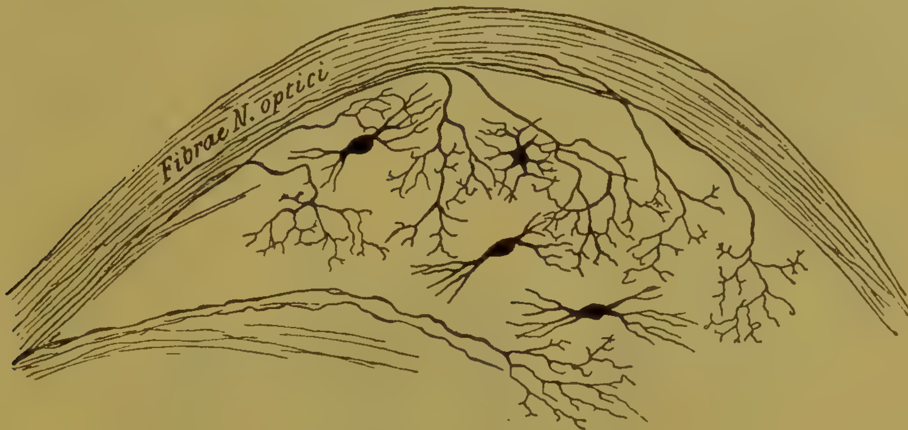



Fig. 578.

Schnitt durch das Corpus geniculatum laterale der Katze. Versilberung. Einstrahlung von Opticusfasern und Auflösung derselben in Endbäumchen. Nach *Pedro Ramón*.

Hirnnerven zu den Zellen ihrer Kerne (Fig. 578); so verhalten sich auch die Kerne des Hirnstammes (Fig. 579), des Kleinhirns (Fig. 580), die Endhirnrinde (Fig. 581). Man wird allerdings nicht überall imstande sein, sich von dem Vorhandensein eines wirklichen Kontaktes durch den Augenschein zu überzeugen. Noch häufiger scheint es sich nur um eine weitgehende Annäherung zwischen Neuritenverästelung einerseits, Dendriten und Zellkörper andererseits zu handeln.




Fig. 579.

Zwei Nervenzellen aus den Brückenganglien eines neugeborenen Kätzchens. Versilberung. *c*, *c* Neuriten; *f*, *f* an die Zellen herantretende Moosfasern.

Eine andere, von den Forschern, die mit der *Golgi*schen Methode arbeiten, merkwürdigerweise fast nicht beachtete Quelle von Zellbeziehungen ergiebt sich aus der Ineinanderflechtung der Dendriten zweier Nerven-

zellen. Und doch besteht ein solcher Verkehr zwischen den Vorderhornzellen beider Rückenmarkshälften mit Zuhilfenahme der ventralen Kommissur bei niederen Wirbeltieren, zwischen einigen Elementen der Formatio reticularis, zwischen den Fortsätzen der apolaren Körnerzellen des Lobus olfactorius und den Dendriten der Mitralzellen daselbst, zwischen vielen Pyramidenzellen der Endhirnrinde, die sich nahe der Hirnoberfläche in der feinkörnigen Schicht mit ihren Gipfeldendriten ineinanderketten (Fig. 582), ferner zwischen den Körnern des Kleinhirns (Fig. 583),




Fig. 580.

**Aus dem kleinen Gehirn eines neugeborenen Kätzchens, vom Längsschnitt einer Windung.** *Golgi*-Behandlung. Nach einem Präparate von *F. Teljatnik.* Zwischen Fortsätzen *Purkinje*scher Zellen verästelt sich die aus der Tiefe kommende Faser *a*.

zwischen den *Purkinje*schen Zellen mit ihren in gleicher Ebene liegenden üppigen Verästelungen (Fig. 584) u. s. w. Die in Rede stehende Einrichtung bezweckt vielleicht eine funktionelle Vergesellschaftung nachbarlicher Nervenzellen. Nach den Angaben von *A. Dogiel* bilden die polygonalen Nervenzellen der Netzhaut mittelst ihrer Dendriten nicht nur Geflechte, sondern wahre Netze, in welchen die Endfäden aller Zellen kontinuierlich ineinander übergehen und durch Zusammentritt vieler Endfäden stärkere Brücken erzeugt werden. So entstehen nach

den Schilderungen des genannten Forschers wirkliche Zellkolonien, deren Elemente durch Faseraustausch miteinander in innigster Verbindung stehen. Ein ähnliches terminales Netz, in welches aber Neuriten eintreten, fand *Ballowitz* in dem elektrischen Organ von Torpedo. Aus alledem ergiebt sich, dass die Annäherung der Neuritenenden an Protoplasmafortsätze nicht die einzige, sondern nur die häufigste Art der Zellbeziehungen darstellt.



Fig. 581.
**Nervenzelle aus der Endhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. Versilberung nach *Golgi*. *ce* äussere Fläche des Gehirns; *a* Gipfelfortsatz der Zelle; *f* Faserendigung an der Zelle.**

Ob auch Neuriten untereinander in ähnlicher Weise, wie dies vorhin von den Dendriten geschildert wurde, einen intercellulären Verkehr zuwege bringen können, lasse ich vorerst noch dahingestellt bleiben, hebe aber hervor, dass in der Kleinhirnrinde (s. oben) einige nackte Achsencylinder, die aus der Körnerlage zur feinkörnigen Schicht hinaufsteigen und zwischen *Purkinje*schen Zellen vordringen, von feinsten Neuritenverästelungen der Sternzellen hierselbst umsponnen werden (Fig. 585 u. 586).

Kein gewöhnliches Interesse birgt die Frage nach der Richtung der N e r v e n s t r ö m e in den Zellfortsätzen. Im Hinblicke auf *Golgi*sche Bilder sind Viele mit *Ramón y Cajal* der Ansicht, der Neurit leite centrifugal bezw. cellulifugal, die Dendriten centripetal bezw. cellulipetal. Scheinbare Ausnahmen von dieser Regel — nämlich die sensorischen Nerven — finden darin ihre Erklärung, dass jener Teil dieser Nerven, der peripher vom Ganglion liegt, im Grunde nur einen modifizierten, markbekleideten Dendriten einer Bipolarzelle darstellt, wogegen die entsprechenden centralen Abschnitte wahren Achsencylinderfortsätzen gleichstehen. Für diese Auffassung spricht nicht nur die grössere Stärke des peripheren Astes, sondern auch die ganze Entwickelung der peripheren Nerven. So ist es auch bezüglich der beiden Teilungsäste des

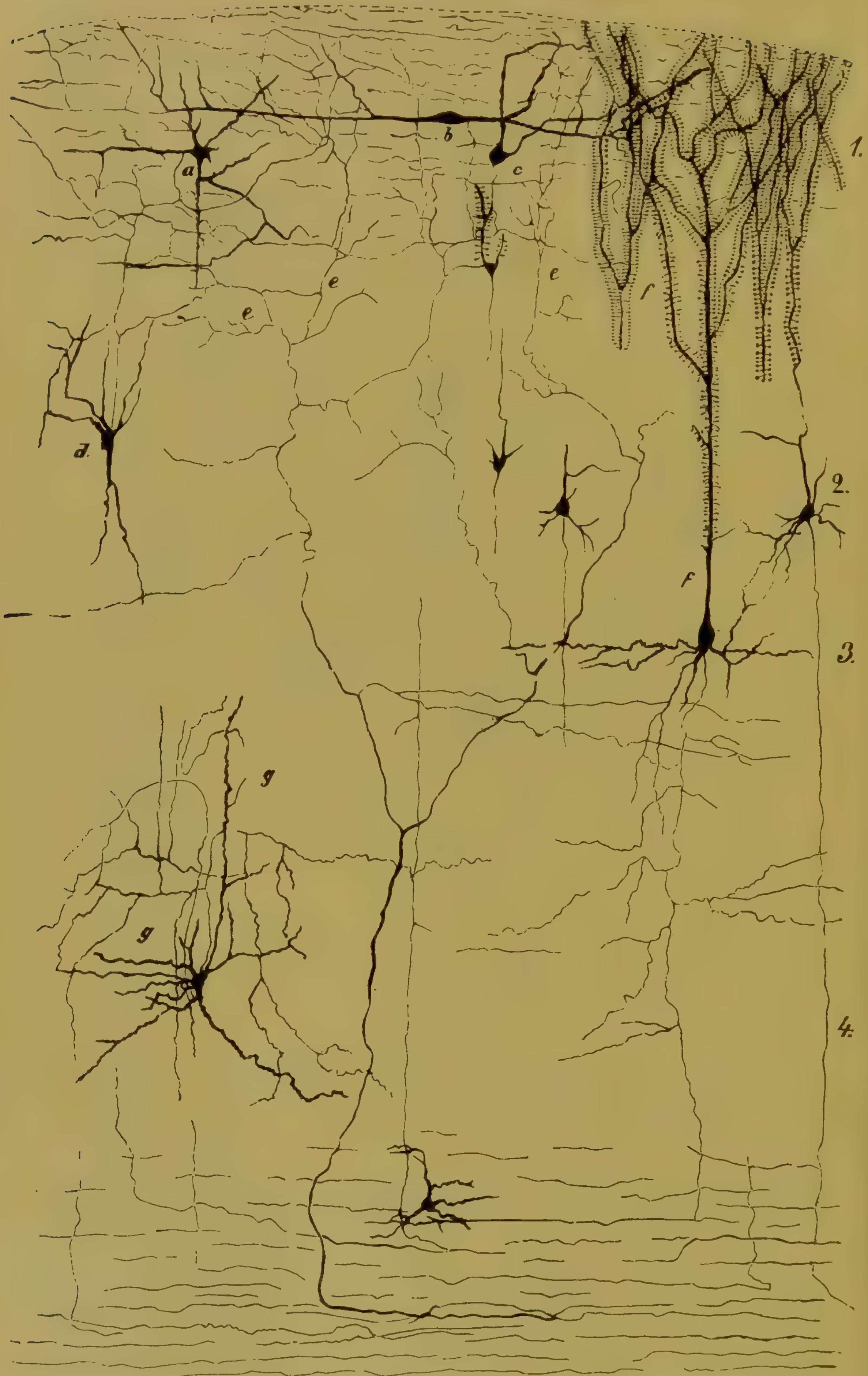



Fig. 582.

Schematischer Durchschnitt der Endhirnrinde eines Säugetiers. *Edinger* nach Präparaten von *Ramón y Cajal.* 1—4 Schichten der Rinde; *a, b, c* Zellen der äusseren Lage mit je mehreren Neuriten; *d* Spindelzelle aus der Tiefe derselben Schicht; *e* Fernfaser, in die erste Schicht eintretend; *f* Gipfelfortsätze von Zellen der tieferen Schicht; *g* kleine Elemente der 4. Schicht mit verschieden gerichteten verästelten Neuriten.

einfachen Fortsatzes der unipolaren Zellen in den Spinalganglien; auch hier muss mit Rücksicht auf die bereits dargelegten Entwickelungsverhältnisse (s. oben) der stärkere periphere Ast einem Dendriten, der feinere centrale einem Neuriten analogisiert werden. Die im früheren geschilderte Annäherung und schliessliche Vereinigung der beiden Bipolarzellfort-

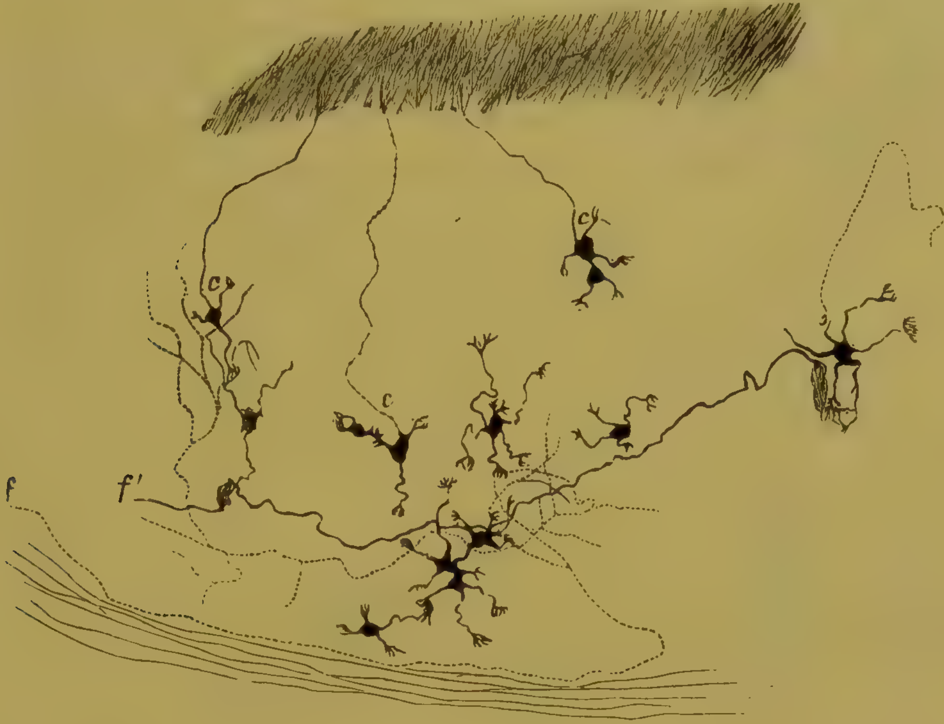



Fig. 583.
Körnerzellen der rostfarbenen Schicht des Kleinhirns. Neugeborene Katze. Nach einem Silberpräparat von *F. Teljatnik.* *c*, *c* Neuriten dieser Schicht, in die Molekularlage eintretend; *f* Fasern zur Körnerschicht.

sätze ist eine Erscheinung, die dem Satze von der centrifugalen Bedeutung der Neuriten und der centripetalen der Dendriten ohne Frage eine Stütze verleiht. Zieht man aber andere, mittelst der *Golgi*-Methode gewonnene Thatsachen mit in Betrachtung, so liesse sich gegen eine solche Verallgemeinerung, wenigstens was die Neuriten betrifft, die von mir in der Kleinhirnrinde beobachtete Ineinanderflechtung zweier verschiedenen Zellen angehörender Achsencylinder (s. oben) geltend machen. Liegen auch zunächst keine weiteren derartigen Argumente vor, so erscheint doch die Einschränkung geboten, dass die Neuriten in centrifugaler bezw. cellulifugaler Richtung überall da leiten, wo sie zu Dendriten oder Zellkörpern in Beziehung treten. Der




Fig. 584.
Zwei *Purkinje*sche Zellen im Querschnitte einer Kleinhirnwindung. Nach einem *Golgi* von *F. Teljatnik.* *c*, *c* Neuriten.

Tragweite dieses aus *Golgi*schen Befunden sich ergebenden Satzes wird sich schwerlich jemand verschliessen können, ist doch mit dem Gewinne desselben die Möglichkeit nahegelegt, den Verlauf der Nervenerregung auch in den kompliziertesten Teilen des Nervensystems mit einer Bestimmtheit zu ermitteln, die bisher kaum denkbar erschien.

In Beziehung auf die Leitungseinrichtung in den Dendriten muss ich die Annahme, dass der Nervenstrom in diesen Fortsätzen sich ohne Ausnahme cellulipetal fortpflanze, als etwas verfrüht erklären. Hat sie zweifellos für die Mehrzahl der Fälle Geltung, so ist sie doch nicht überall zutreffend. Denn gäbe es keine Ausnahmen von dem

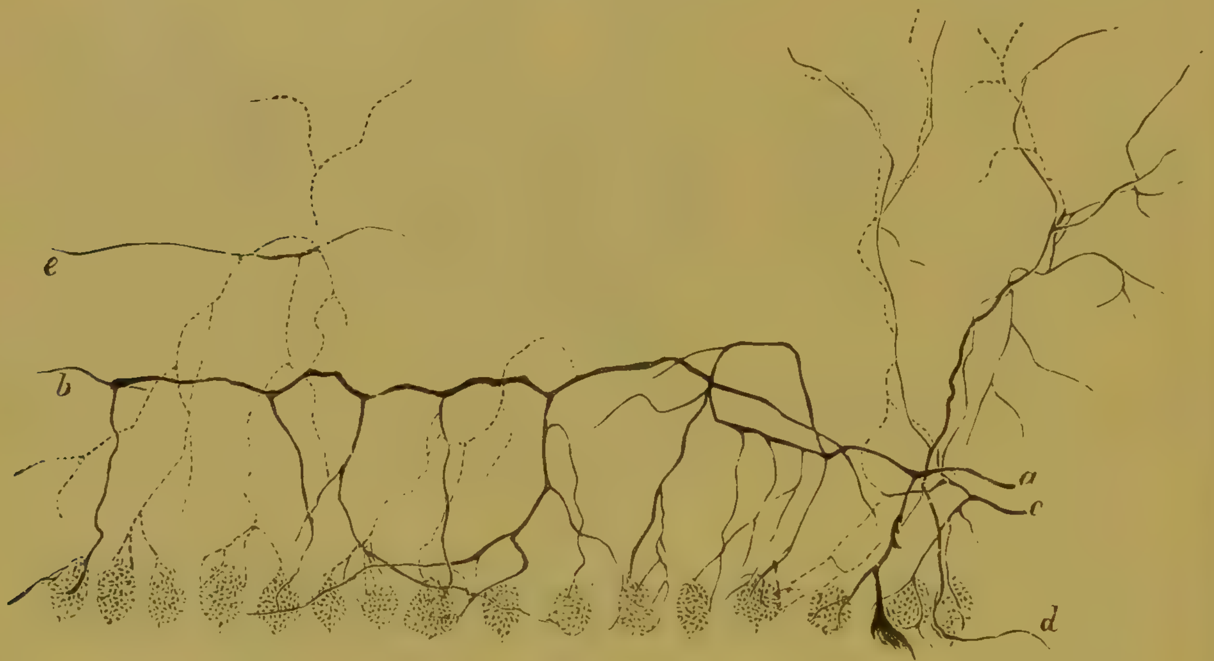



Fig. 585.
**Aus dem kleinen Gehirn eines neugeborenen Kätzchens.** Nach einem *Golgi* von *F. Teljatnik.* *a*, *b*, *c*, *e* Neuriten sternförmiger Associationszellen, mit Kollateralen zu *Purkinje*schen Zellen. Der Neurit *d* entsendet einerseits Äste zu *Purkinje*schen Zellen, andererseits heftet er sich mittelst Reiserchen an Fasern aus tieferen Schichten.

obigen Satz, so würden jene Verkettungen zweier Dendriten, die wir in der vorderen Rückenmarkskommissur insbesondere niederer Geschöpfe, in der feinkörnigen Schicht der Endhirnrinde, im kleinen Gehirn und anderen Teilen des Nervensystems vorfinden, unerklärt dastehen und wäre nicht einzusehen, wie apolare Zellen, die nur Dendritenfortsätze allein besitzen, den Reiz weiter fortleiten sollten. Mir scheint vielmehr, dass die Dendriten ebenso wie der Zellleib selbst, dessen unmittelbare Fortsetzungen sie sind und von dem sie sich weder ihrem Baue nach, noch sonstwie merklich unterscheiden, imstande sind nach beiden Richtungen hin Reizströme weiterzuführen. Dass der Zellkörper nach den verschiedensten Richtungen hin leitungsfähig ist, wird schon daraus ersichtlich, dass die Dendriten an ihm nicht einseitig, sondern

von den verschiedensten Seiten sich abzweigen. Für die Dendriten kommen, wenn man sie sich als nach verschiedenen Richtungen leitungsfähig vorstellt, alle vorhin angedeuteten Schwierigkeiten in Wegfall. Wo sich zwei Dendriten ineinanderflechten, da handelt es sich durch einseitigen oder vielleicht durch wechselseitigen Austausch der Nervenströme um eine funktionelle Vereinheitlichung zweier oder mehrerer gleichzeitig in Thätigkeit befindlicher Nervenzellen. Auch die Bedeutung der neuritenlosen Apolarzellen, bei einseitiger Leitungsanordnung in den Dendriten überhaupt unverständlich, findet in der von mir angenommenen zweiseitigen Anordnung eine ungezwungene Erklärung. Denn wo solche Elemente als selbständige Gebilde auftreten, wie an der Peripherie, besitzen sie den Wert von Reflexganglien allereinfachster Art; im Riechapparat aber, sowie in der Netzhaut können sie die Rolle einfachster Anschlussapparate übernehmen.




Fig. 586.
Aus der Kleinhirnrinde eines neugeborenen Kätzchens. Silberimprägnation nach *Golgi*. Die Fasern *a*, *l* steigen aus der Körnerschicht zwischen *Purkinje*schen Zellkörpern empor; *f*, *f* Kletterfasern sternförmiger Elemente der Körnerschicht.

Die Ausbreitung der Nervenerregung erfolgt nach der gegenwärtig fast allgemein angenommenen Lehre vermöge des Kontaktes der Neuritenverästelung einer Zelle mit dem Körper und den Dendriten einer anderen kontiguierlich von Neuron zu Neuron, nicht wie man früher glaubte vermöge eines kontinuierlichen organischen Zusammenhanges der Teile. Diese Lehre, die sonst keine wesentlichen Neuerungen erfahren hat, ist im Gegensatze zu der Annahme eines Nervennetzes zweifellos geeignet, für viele Erscheinungen, so für das Gesetz der Reflexausbreitung, eine befriedigende Erklärung darzubieten Denn je nach der Zahl der sich berührenden Zellfortsätze müssen die Leitungswiderstände variieren, ein Verhalten, welches bei der Vorstellung von einem untrennbaren Zusammenhang der Nervenelemente dem Verständnisse unüberwindliche Hindernisse entgegensetzt. Dem

ungeachtet bleiben gewisse Schwierigkeiten auch jetzt bestehen. Wenn die Leitungswiderstände nur allein durch Entwickelung und Zahl der in Kontakt stehenden Fortsätze bedingt sind, so bleibt die Frage offen, warum die Reflexe sich auf der gleichen Seite mit grösserer Leichtigkeit ausbreiten, als auf der entgegengesetzten, in dem nämlichen Niveau leichter, als in höher- oder tieferliegenden. Auch ist bei weitem nicht immer ein wirklicher Kontakt zwischen den Fortsätzen oder mit dem Zellkörper vorhanden, vielmehr handelt es sich in vielen Fällen lediglich um höhere Grade von Annäherung oder Anlagerung der Elemente aneinander.

Aus allem ergiebt sich also die Warnung vor einer unbedingten Verallgemeinerung der Kontakttheorie. Die Vorstellung, der Reizstrom durchlaufe eine Leitungsbahn in Form einer kontinuierlichen Erregung, als wäre diese Bahn eine aus sich direkt berührenden Teilen bestehende Einheit, wird schwerlich festzuhalten sein. Bilden doch die Elemente des Nervensystems voneinander gänzlich getrennte Organismen, die weder durch Dendritenäste, noch durch Neuritenramifikationen, noch auch durch Kollateralen oder Endäste solcher irgendwo ohne Unterbrechung ineinander übergehen. Dass unter solchen Verhältnissen die Nervenerregung in den einzelnen Neuronen gewisse Besonderheiten darbiete, ist nicht von der Hand zu weisen, und es erscheint gewiss undenkbar, dass in einer Kette von Nervenindividuen, von aufeinanderfolgenden Gliedern einer und derselben Leitungsbahn von Anfang bis zu Ende immer der nämliche Reizstrom sich fortpflanzen sollte. Ich halte es vielmehr für richtiger, sich den Nervenstrom so vorzustellen, als wäre er aus einer Reihe aufeinanderfolgender Erregungen zusammengesetzt, die je in den einzelnen sich anreihenden Gliedern einer Nervenbahn zur Entwickelung gelangen. Der unmittelbare kausale Zusammenhang des in einem Neuron ausgelösten Reizes mit der Erregung des bereits durchlaufenen Neurons erleidet trotz der Selbständigkeit jenes natürlich keinerlei Einbusse.

Von einschneidender Bedeutung für die in Rede stehenden Verhältnisse ist die Frage nach dem Wesen jenes Vorganges, den man als Nervenerregung zu bezeichnen pflegt. Doch glaube ich hier von einer Darlegung der Stellungsnahme der modernen Physiologie zu dieser Frage absehen zu sollen und möchte aus dem Bereiche des Thatsächlichen nur erwähnen, dass während der Leitung im Nervengewebe eine Entladung von Energien vor sich geht. Eine solche Entladung wird man sich auch in jedem der Neuronen, die eine Leitungsbahn bilden, im Augenblick des Durchtrittes der Reizströme zu denken haben. Im physiologischen Sinne erscheint somit der Nervenstrom als eine derartige molekulare Veränderung in einer kontinuierlichen Reihe von Nervenelementen, bei welcher in jedem Gliede dieser Reihe eine Entladung von Energie stattfindet.

In zwei benachbarten Neuronen tritt während der Leitung eine Spannungsdifferenz ein. Diese Differenz bedingt eine Entladung der Energien, welche ihrerseits den Erregungszustand in jedem der folgenden Elemente auslöst. Mit Rücksicht hierauf muss man sich den Nervenstrom als solche in einer Neuronenkette sich successiv entwickelnde molekulare Veränderungen vorstellen, die mit Entladung von Energien in den Elementen der Kette einhergehen, so jedoch, dass der Erregungszustand jedesmal durch Ausgleichung der in zwei angrenzenden Elementen herrschenden Spannungsdifferenz hervorgerufen wird.

Die ganze Nervenkette mit dem Vorgange der Reizfortleitung kann, wenn man will, einer Batterie *Leyden*scher Elemente, die sich successiv ineinander entladen, verglichen werden. Wie hier das erste Element geladen sein muss, ehe eine Entladung der Kette stattfinden kann, so hat man sich auch bei dem Nervengewebe als Quelle eines jeden Nervenstromes eine Erregung des peripheren oder centralen Endapparates zu denken, die zu einem successiven Freiwerden von Spannkraft den Anstoss giebt. Die Ursache des Nervenstromes liegt also in einer Art Gleichgewichtsstörung der in benachbarten Elementen der Kette vorhandenen Spannkräfte.

Von dem Grade der Annäherung der Endigungen eines Neurons an die Fortsätze oder den Körper eines anderen und von der Anzahl der sich berührenden Fortsätze hängt die Stärke des Widerstandes ab, welche die Nervenerregung bei ihrem Übergange auf ein neues Element zu überwinden hat. Die Leitungswiderstände aber wachsen in direktem Verhältnis zu der Zahl der in einer Bahn vorhandenen Einzelelemente. Hieraus erklären sich ungezwungen die bekannten Erscheinungen der Reflexleitung. Der sensible Reiz wird sich den Bewegungsorganen der gleichen Seite offenbar leichter mitteilen können, als denen der anderen Seite, da der Reflexbogen sich in jenem Fall nur aus zwei, in diesem aber mindestens aus drei Neuren zusammensetzt. Ebenso hat der Reflex, wenn er sich auf entferntere Körperteile ausbreiten soll, grössere Widerstände zu überwinden, weil anstatt zweier meistens drei und mehr Neuren zu durchlaufen sind. Nach alledem scheint also die hier dargelegte Theorie der nervösen Entladungen auch vom physiologischen Standpunkte den Thatsachen mehr Rechnung zu tragen, als jene Lehre, welche die Nervenreize sich ohne Unterbrechung durch Kontakt der Neuronen ausbreiten lässt.

*Duval* spricht den Endverästelungen der Dendriten die Fähigkeit zu, amöboide Bewegungen auszuführen, wobei bald eine Verlängerung, bald eine Verkürzung der Fortsätze stattfindet. Auch *Rabl-Burckhardt*s etwas frühere Hypothese beruht auf dieser Annahme. Da ein ununterbrochener Zusammenhang zwischen den Nervenelementen, wie

zahlreiche Untersuchungen bezeugen, nicht besteht, sondern nur Berührung oder Annäherung von Neuritenverästelungen an Dendriten nachweisbar ist, so liegt der Gedanke, dass die Dendriten vermöge der Kontraktilität ihres Protoplasmas sich verlängern und verkürzen könnten, natürlich sehr nahe. In einer solchen „amöboiden Beweglichkeit“ der Dendriten sucht *Duval* den Schlüssel für gewisse Erscheinungen des Schlafes und der Anästhesie. In der That nötigen, wie mir scheint, keinerlei Gründe dazu, sich die Zellfortsätze als völlig starr und unbeweglich vorzustellen, ja einiges weist dringend auf eine gewisse vitale Kontraktilität derselben hin. Sollte sich aber die in hohem Grade wahrscheinliche Vermutung von der amöboiden Bewegungsfähigkeit der Zellfortsätze weiter bewahrheiten, so würde uns ein Mittel an die Hand gegeben, um den Einfluss der Gewohnheit und der Übung, der erregenden und beruhigenden Substanzen auf das Nervensystem, sowie viele andere Erscheinungen aus dem Gebiete der Nervenphysiologie und -pathologie dem Verständnisse nahe zu bringen. Ich muss daher diese Hypothese, zumal sie mit meiner Darstellung der Energieentladungen in den Neuronen bestens im Einklange steht, als einen wohlgelungenen Versuch zur Erklärung komplizierter Nerventhätigkeiten begrüssen. Der Einfluss der Gewohnheit wird vollauf verständlich, wenn nach Ansicht *Ramón y Cajals* sogar das Gehirn erwachsener Individuen durch andauernde Verlängerung von Zellfortsätzen neue Neuronverknüpfungen erhalten kann.

Die Hypothese der amöboiden Bewegungen der Zellfortsätze wird in letzterer Zeit bereits durch thatsächliche Befunde gestützt. *Demoor**) stellte hierüber eine ganze Reihe von Versuchen an, wobei er Tiere mittelst Äther oder Morphium vergiftete oder in starke Erregungszustände versetzte. Die Untersuchung des Gehirns und Vergleichung mit Kontrolltieren liess erkennen, dass dauernde Erregung oder Vergiftung ganz charakteristische Veränderungen der Dendriten der Nervenzellen zur Folge hat. Die Fortsätze zeigten nämlich mehr oder weniger beträchtliche Varikositäten, sie erschienen wie mit Perlen besetzt. Dies soll für Vergiftung und Ermüdung charakteristisch sein.**) Von verschiedenen Autoren ist dagegen der Einwand erhoben worden, dass die genannten Veränderungen durch technische Mängel hervorgerufen seien. Auf den Vorschlag von *Demoor* hat dann *Stefanowskaja* die Frage weiter verfolgt. Sie untersuchte nicht nur den perlschnurförmigen Zustand der Dendriten, sondern auch die Dornen oder birnförmigen Anhängsel an den Seiten derselben (Fig. 88, Bd. II, S. 112). Diese von *Ramón y Cajal* zuerst beschriebenen Anhängsel sind von

*) Plasticité morphologique des neurones.

**) Diese Varikositäten sind auf Fig. 99, S. 153, Bd. I an einer Nervenzelle eines mit Chloroform getöteten Tieres sichtbar.

einigen Autoren in Frage gestellt worden und *Semi-Meyer* vermochte sich bei Anwendung der vitalen Methylenblaufärbung von der Existenz derselben ebenfalls nicht zu überzeugen. Auch *Kölliker* spricht sich gegen das Vorkommen solcher Anhängsel an den Dendriten aus. *Cajal* glaubt, die Methode *Semi-Meyer*s sei ungeeignet zum Nachweise der birnförmigen Fortsätze und giebt eine Modifikation des *Ehrlich*schen Verfahrens an, wobei dieselben mit voller Bestimmtheit zur Anschauung gebracht werden können. Bald kleiner, bald grösser, manchmal sogar von enormer Ausdehnung liegen sie rings um die Dendriten und fehlen konstant nur an dem Zellkörper und an den Neuriten. Die Entwickelung dieser Fortsätze hängt zusammen mit dem Alter des Tieres. Bei einer 1 Tag alten Ratte fehlen sie gänzlich, am 5. Tage sind sie noch sehr spärlich, am 10. Tage bereits zahlreicher, aber immer noch nicht so reichlich, wie bei der völlig ausgewachsenen Ratte. Die langsame Entwickelung der birnförmigen Fortsätze an den Zellen der Hirnrinde weist darauf hin, dass sie zu den psychischen Thätigkeiten Beziehungen besitzen. Nach Ansicht von *Stefanowskaja* lässt sich aus der grossen Mannigfaltigkeit der Zahl und Grösse der Fortsätze schliessen, dass sie in die Dendriten ganz aufgehen können, ohne an letzteren sichtbare Veränderungen hervorzurufen. Ihr plötzliches Verschwinden kann Aufhebung des Zusammenhanges zwischen den Dendriten eines Neurons und den Neuritenendästen eines anderen zur Folge haben.

Specielle elektrische Reizungsversuche an dem Hirn von Ratten und Meerschweinchen lassen thatsächlich eine Abnahme der birnförmigen Fortsätze erkennen. Bei sehr starker Reizung können sie völlig verschwinden. Sie besitzen demnach augenscheinlich das Vermögen der Beweglichkeit, ja der Kontraktilität.

In einer anderen Beziehung werden diese Befunde vervollständigt durch die Untersuchungen von *Manouelian*. Während man bisher künstliche Reizung oder Vergiftung angewendet, rief *Manouélian* Schlaf bei den Tieren hervor, um so unter normalen Verhältnissen seine Beobachtungen anstellen zu können. Durch verschiedenartige Reize, denen er Ratten während einer Stunde und mehr unterwarf, brachte er sie in einen Zustand äusserster Müdigkeit und zwang sie so zum Schlafe. Nun untersuchte er die Hirne dieser Tiere und solche von Kontrolltieren mittelst der schnellen *Golgi-Cajal*schen Methode und fand im ganzen die Angaben seiner Vorgänger bestätigt. Bei ermüdeten Ratten verschwanden die birnförmigen Fortsätze der Dendriten vollständig; die Verästelungen der Dendriten zeigten gleichzeitig kugelförmige Verdickungen, besonders gegen ihre Enden hin, aber in ausgeprägteren Fällen auch an dem Stamme. Es machte den Eindruck, als wäre eine starke Kontraktion in der Längsrichtung des Fortsatzes notwendig ge-

wesen, um jene Verdickungen hervorzurufen. Die Anschwellungen fanden sich an den Gipfelfortsätzen, aber auch an den basalen Dendriten. Nicht selten zeigte auch der Zellkörper Veränderungen, wurde ovoid oder kugelförmig, sodass die Form der Pyramidenzelle schwer zu erkennen war. An den *Martinotti*schen Zellen konnten ähnliche Erscheinungen wahrgenommen werden.

Die Mitralzellen des Bulbus olfactorius besitzen bei den genannten Geschöpfen nach *Manouélian*s Untersuchungen an ihren sämtlichen Dendriten kugelförmige Verdickungen. Dank diesen Verdickungen erscheinen die Glomerulusdendriten verkürzt und ihre Verästelungen in den Glomeruli von den Verästelungen der Riechfasern losgelöst.

Diese Thatsachen lassen, wie es scheint, an der Fähigkeit der Dendriten zu amöboiden Bewegungen und an der Bedeutung dieser Bewegungen für die verschiedenen Zustände der Nerventhätigkeit*) keinen Zweifel übrig.

Der Vorgang der Reizfortpflanzung würde sich nun nach den bisherigen Darlegungen folgendermassen gestalten. Der in einer Zelle auftretende Reizzustand verbreitet sich mit dem Neuriten bis in dessen letzte Endverästelungen hinein. Indem letztere sich den Fortsätzen oder dem Körper einer anderen Zelle anlagern oder annähern, entsteht hier ein neuer Impuls, der wie in dem Ursprungselement die Bahn des Nervenfortsatzes einschlägt. Da jede centripetale oder centrifugale Leitungsbahn mindestens aus zwei, noch häufiger aber aus mehr Neuronen besteht, so erscheint die Leitung von der Peripherie zum Centrum oder umgekehrt als eine Reihe aufeinander folgender Erregungen, die in einer entsprechenden Reihe aufeinanderfolgender, in ihrer Gesamtheit die Leitungsbahn darstellender Neuronen zur Entwickelung gelangen. Mit den Kollateralen der Nervenfasern kann sich die Erregung während des genannten Weges auch seitlich fortpflanzen und hier andere Nervengebiete in Reizzustand überführen. Entfernen sich aber die Dendriten eines Neurons von den Endverästelungen des zweiten, so kann die Leitung auf einige Zeit gänzlich unterbrochen werden.

Was insbesondere die Rückenmarksreflexe betrifft, so können von ihnen zwei Wege eingeschlagen werden. Der von der Körperoberfläche kommende Reiz wird, von einer Spinalganglienzelle aufgenommen, von dieser durch eine centralwärts ziehende dorsale Wurzelfaser bezw. durch deren Kollateralen entweder direkt auf eine Wurzelzelle des Vorderhorns übertragen und so der Peripherie, d. h. dem Muskel zugeführt, oder aber die Spinalganglienzelle sendet die sie treffende Erregung einer der Strangzellen des Rückenmarkgraus zu, welche ihrerseits, sei

*) Auch *Ramón y Cajal* nahm amöboide Bewegungen an Zellen des Nervensystems an, hielt diese Bewegungen aber für eine Eigentümlichkeit der Neurogliazellen, wofür bisher keine vollgiltigen Beweise vorliegen.

es direkt, sei es durch Vermittelung einer anderen Strangzelle eine Wurzelzelle im Vorderhorn und schliesslich den Muskel in Aktion versetzt. Auch die Fortpflanzung des Reizes von einer Spinal- oder Gehirnnervenwurzel auf Strang- oder Systemzellen der entsprechenden primären sensorischen Kerne und weiterhin entweder direkt oder unter Einschaltung anderer Elemente bis zur Hirnrinde gewährt der Vorstellung keinerlei Schwierigkeiten. Ebenso erreicht der in einer Endhirnrindenzelle entstehende motorische Reiz mit der centrifugalen Leitungsbahn bestimmte graue Kerne und führt hier zur Entwickelung neuer Impulse, die wiederum unmittelbar oder mittelbar peripheriewärts strömen. Nicht anders ist es im Gebiete der psychischen Thätigkeiten, wo die Associationsbahnen der Hirnrinde als Vermittler der Reizfortpflanzung auftreten.

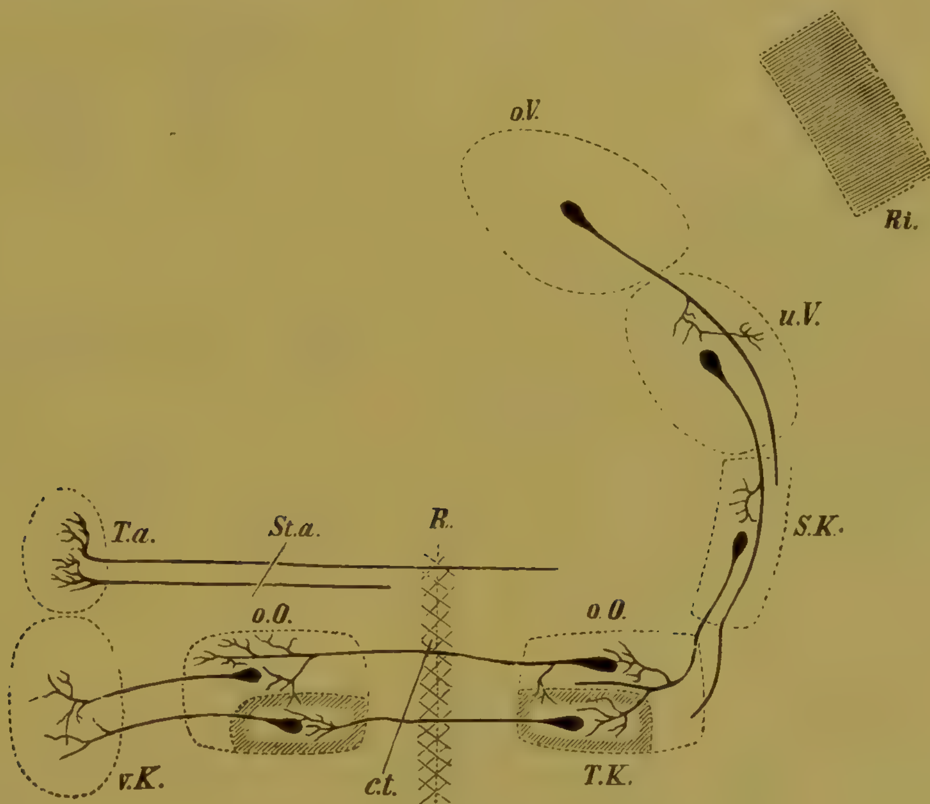



Fig. 587.

**Schema der centralen Gehörleitung. Rückläufige Systeme.** Nach *H. Held.* *vK* Nucleus anterior; *ctr* Trapezkörper; *R* Raphe; *TK* Trapezkern; *os* obere Olive; *Ta* Tuberculum acusticum; *Sta* Striae acusticae; *SK* Kern der lateralen Schleife; *ov* oberer Vierhügel; *uv* unterer Vierhügel; *Ri* Endhirnrinde.

Aber auch in dem peripheren Nervensystem herrschen ohne Zweifel dieselben Bedingungen. Zum Sympathicus gelangen centrale Reize auf centrifugalen Bahnen, die mit den vorderen Wurzeln das Rückenmark verlassen und in sympathischen Ganglien sich in pericelluläre Geflechte auflösen. Von letzteren geht der Reizstrom auf die Zellen selbst und deren periphere Ausbreitungen über. Andererseits werden periphere Impulse, die von den inneren Organen ausgehen, von sympathischen

Ganglienzellen aufgenommen, verlaufen mit sympathischen Fasern centralwärts bis zu deren pericellulären Plexus unter der Endothelkapsel der Intervertebralganglien und erreichen mit deren centralen Fortsatzästen schliesslich das Rückenmark.

Bei der Beurteilung des bisherigen darf nicht unbeachtet bleiben, dass nur in den mit Myelin versehenen Teilen einer Bahn eine völlige Isolierung der Leitung möglich ist, dass dagegen in den terminalen Neuritenverästelungen und den Zellen selbst von einer solchen nicht die Rede sein kann, wiewohl auch die Neuroglia als leitungsisolierendes Medium eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu haben scheint. An einer Zelle angelangt wird sich daher der Reiz mit mehr als

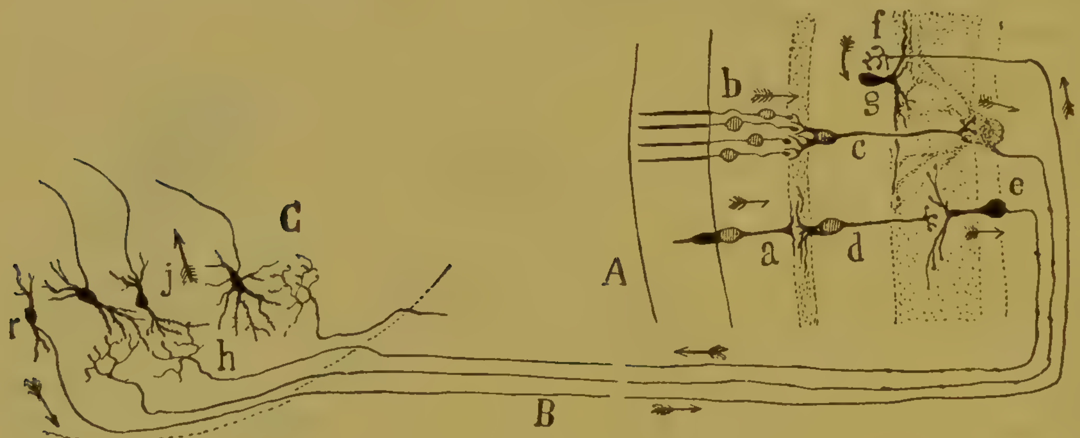



Fig. 588.

**Schema des Verlaufes der Nervenreize von den Stäbchen und Zapfen bis zu den Corpora geniculata.** Nach *Ramón y Cajal.* *A* Retina; *B* N. opticus; *C* Corpus geniculatum externum; *a* Zapfen; *b* Stäbchen; *c* bipolare Stäbchenzelle; *d* bipolare Zapfenzelle; *e* Ganglienzelle; *f* Centrifugalfaser; *g* Spongioblast; *h* freie Endramifikationen in der Retina entsprungener Nervenfasern; *j* Nervenzellen, deren protoplasmatischer Federbusch die ankommenden optischen Reize aufnimmt; *r* Zellen, von denen die centrifugalen Opticusfasern entspringen.

Wahrscheinlichkeit solchen benachbarten Elementen mitteilen können, deren Dendriten zu jener in Beziehungen stehen. So erklärt sich das Auftreten von Simultanempfindungen, die manchmal in entlegenen Körperteilen wahrgenommen werden, und zahlreicher die willkürliche Motilität begleitender Mitbewegungen.

Im Anschlusse an das Verhalten der Reizausbreitung verdient eine andere, mit Hilfe der *Golgi*schen Methode aufgefundene Erscheinung Beachtung, nämlich das Vorhandensein absteigender Bahnen in sensiblen Nerven: in den sensiblen Spinalnerven — hier auch mit dem Degenerationsverfahren nachweisbar —, im Acusticus (Fig. 587), im Opticus (Fig. 588) und in den Riechnerven. Welche Bedeutung besitzen diese offenbar allen sensorischen Nerven zukommenden absteigenden Systeme? Nicht zu bezweifeln ist jedenfalls, dass centrifugale Impulse von ihnen fortgeleitet werden. Auf der anderen Seite habe ich schon vor vielen Jahren der Vermutung Ausdruck gegeben, es

handle sich hier um Bahnen, die bei der Objektivierung der aufgenommenen Eindrücke eine Rolle spielen. Diese Vorgänge wären äusserst schwer verständlich, wenn nicht angenommen werden dürfte, dass die sensiblen Bahnen und Sinnesorgane mit Vorrichtungen zu einer Rückwärtswendung des Stromes gegen die Peripherie hin ausgestattet seien. Solchen Vorrichtungen würden jene absteigenden Elemente der sensiblen Organe ohne Frage vollauf entsprechen (Fig. 587—589) und es erhält so der Vorgang der Objektivierung ein bis hiezu vergebens gesuchtes ausreichendes anatomisches Substrat.

*Suchanoff*, welcher diese Frage nach mir behandelt hat*), äussert sich in demselben Sinne. Da aber die Bedeutung der Centrifugalfasern der Sinnesorgane noch dem Gebiete der Hypothese angehört, so möchte ich meinen obigen diesbezüglichen Darlegungen keinen besonderen Wert beimessen und mich einer anderen Hypothese von dem inhibierenden Einfluss der Centrifugalfasern auf die peripheren Sinnesperceptionen gern anschliessen.

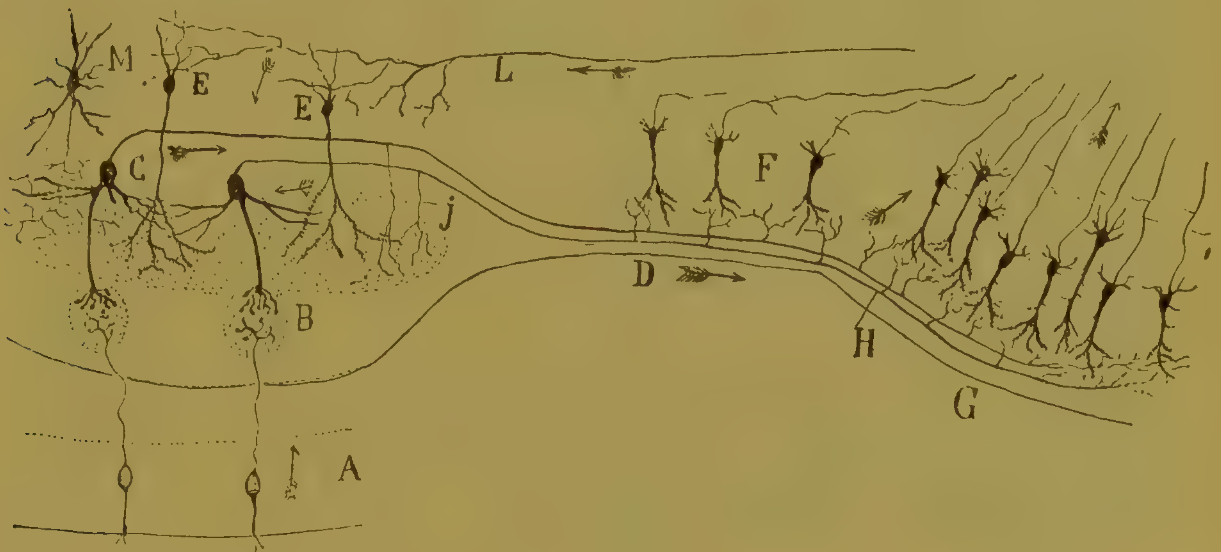



Fig. 589.

Schema des Verlaufes der Nervenreize im Olfactoriusapparate der Säugetiere. Nach *Ramón y Cajal*. *A* Riechschleimhaut; *B* Glomeruli des Bulbus olfactorius; *C* Mitralzellen; *D* Tractus olfactorius; *E* Körnerzellen; *G* Region des äusseren Riechstreifens; *F* Pyramidenzellen des Tractus olf.; *M* Zelle mit kurzem Neuriten; *J* Kollateralen des Bulbus olf.; *K* Kollateralen des äusseren Riechstreifens; *L* Centrifugalfasern.

*R. y Cajal* beschreibt Verästelungen von Centrifugalfasern zwischen den Spongioblasten der Netzhaut verschiedener Geschöpfe und nimmt an, dass diese Fasern auf Fortsätze von Spongioblasten oder amakrinen Zellen einzuwirken haben. Gegenüber den hierauf erhobenen Einwendungen findet *Cajal* in einer späteren Arbeit**) seine frühere Ansicht bestätigt. Die Spongioblasten werden nach seinen Befunden durch Vermittelung der Centrifugalfasern zu Bestandteilen der Leitungskette

*) Archiv de neurolog. 1897.

**) Journal de l'Anatomie 1896.

und übertragen die aus den Centren ankommenden Impulse auf die Geflechte zwischen Dendriten der Ganglienzellen und Nervenverästelungen der Bipolarzellen. Nach Ansicht von *Duval* kann eine solche Übertragung von Einfluss sein auf den Zustand der Dendriten — dank ihrer Fähigkeit zu amöboiden Bewegungen — und somit auch auf die Artikulation zweier Neuronen durch Herbeiführung eines je nach dem Grade der geleisteten Aufmerksamkeit mehr oder weniger ausgiebigen Kontaktes. Aus den schon erwähnten Beobachtungen *Manouélians* geht hervor, dass die Centrifugalfasern der Bulbi olfactorii entweder selbst in die Glomeruli eintreten und sich hier in ihre Endäste auflösen, oder an Körnern aufhören, die ihre absteigenden Fortsätze den Glomeruli zugehen lassen. Es bestehen hier also ganz analoge Verhältnisse der Centrifugalfasern, wie in der Retina. Auch hier wirken vielleicht die Centrifugalfasern, direkt oder indirekt (durch die Körnerzellen) infolge des Amöboismus der Dendriten auf den Grad des Kontaktes zwischen zwei Neuronen. *Manouélian* nennt daher jene Centrifugalfasern Nervi nervorum, da sie die Aufnahme der Nervenerregung bald durch Verlängerung der Dendriten fördern, bald durch Verkürzung derselben erschweren. So erklärt sich ohne Mühe der Einfluss der in unseren peripheren Sinnesleitungen so häufigen Reizhemmungen. Da aber solche Nervi nervorum zweifellos auch in den Centren vorkommen, so bieten die mit der Aufmerksamkeit, dem Willen u. s. w. verknüpften Hemmungsvorgänge in dem psychischen Leben der Erklärung keine Schwierigkeiten.

Ich muss mir ein weiteres Eingehen auf diesen gewiss lohnenden Gegenstand hier versagen, glaube ihn aber in allen wesentlichen Punkten soweit berührt zu haben, als dem Hauptzwecke der vorliegenden Darstellung angemessen erscheint. —

Die Elemente des Nervensystems stellen sich ihren wesentlichen Eigenschaften nach überall als gleichartige Gebilde dar. Selbst in der Hirnrinde, wo doch die Mannigfaltigkeit der Thätigkeiten eine so handgreifliche ist, vermisse ich trotz sorgfältigen Studiums und trotz umsichtiger Erwägung im allgemeinen solche Strukturverschiedenheiten, die als ausreichende Erklärung für jene funktionellen Differenzen geltend gemacht werden könnten. Nur in einem Punkte sind die Bahnen wesentlich verschieden, nämlich bezüglich der Richtung ihrer Neuriten, die im Verhältnis zur Hirnrinde eine auf- oder absteigende sein kann und für den Verlauf der Nervenströme von bestimmendem Einflusse ist. Im übrigen aber vermag ich an den Elementen des Centralnervensystems keine weiteren Besonderheiten wahrzunehmen, insbesondere nicht solche, die als qualitativen Differenzen der psychischen Erscheinungen entsprechende anzusehen wären. Überall, im Marke sowohl wie in den basalen Ganglien, im kleinen Gehirne wie in der

Endhirnrinde zeigen die Neuriten dieselben wesentlichen Eigentümlichkeiten, sind die Dendriten bald üppiger, bald sparsamer entwickelt, kurz es kehren allerorten im wesentlichen sich gleichbleibende, zur Reizaufnahme und Leitung gleich befähigte nervöse Elemente wieder.

Wenn sich aber demungeachtet die aufgenommenen Eindrücke qualitativ voneinander unterscheiden, so müssen hierfür augenscheinlich die zur Aufnahme der Reize bestimmten peripheren Apparate verantwortlich gemacht werden. Die sensorischen Nerven werden bekanntlich nicht direkt, sondern durch Vermittelung besonderer modifizierter Epithelien durch äussere Einflüsse in Erregung versetzt. Diese Epithelapparate dienen einerseits als Schutzorgane der peripheren Nervenendigungen und vermitteln andererseits die Übertragung des äusseren Reizes auf periphere Fasern oder Zellen. Dass ihre Thätigkeit jedoch mit diesen beiden Aufgaben nicht erschöpft sei, dafür zeugt schon ihr komplizierter und wechselnder Aufbau. Es erwachsen ihnen vielmehr aus der Mannigfaltigkeit der äusseren Eindrücke und aus der qualitativen Differenzierung derselben noch weitere Aufgaben. Damit ein äusserer Reiz von peripheren Nervenendigungen aufgenommen werde, damit also ein äusserer rein physikalischer Vorgang zur Entwickelung eines physiologischen — der Nervenerregung — Anstoss gebe, bedarf es, dass ersterer eine Form annehme, die geeignet wäre, eine Nervenfaser in den Zustand der Erregung zu versetzen. Nackte Faserendigungen können durch Schallwellen nicht erregt werden. Sobald aber eine Schallwelle durch Vermittelung der Endolymphe die Fäden der Haarzellen in Schwingungen versetzt, so genügt die eintretende mechanische Erzitterung dieser letzteren, um auf das Ende einer Gehörnervenfaser einen Reiz auszuüben. Die Schwingungen des Lichtäthers stellen an und für sich keinen Nervenreiz dar, nur dadurch, dass er auf die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut einwirkt und in dem Sehpurpur chemische Veränderungen hervorruft, wird der Lichtstrahl befähigt, die tieferliegenden Nervenendigungen zu irritieren. Es bewirken somit die peripheren Epithelapparate jene Umgestaltung des äusseren Reizes, die ihm die Fähigkeit verleiht, eine Nervenfaser in den Zustand der Erregung überzuführen.

Aber auch die Nervenreizung selbst erweist sich in den verschiedenen Sinnesorganen als eine verschiedene im Zusammenhange mit dem Aufbau der Epithelialapparate und der Anordnung der Nervenendigungen darin. Wenn wir sie uns in dem Gehör- und Tastorgan als eine mechanische denken, so handelt es sich bei dem Geschmacks- und Geruchsorgane um eine chemische oder vielleicht um eine chemisch-mechanische Reizung (infolge der durch das chemische Agens eintretenden Schrumpfung oder Aufquellung der Zellenden), keinesfalls aber um eine rein mechanische Beeinflussung. Der den verschiedenen

Sinnesorganen adäquate Reiz ist also entweder ein mechanischer, oder ein vorwiegend chemischer oder eine Kombination dieser beiden. Die mechanische oder chemische Reizung hinwiederum gestaltet sich verschieden je nach den Besonderheiten der Sinnesapparate. Besteht sie in dem Gehörorgan in einer Erzitterung der Haarzellenfäden, so finden wir im Gebiete des Tastsinnes solche mechanische Reizformen, wie Druck auf die Hautoberfläche mit Übergang auf Tastkörperchen, Verlagerung der Haarbulbi mit nachfolgender mechanischer Irritation der umliegenden Nervenausbreitungen, Kompression und Zerreissung von Nervenendigungen durch Stich, gleichmässige Kompression und Quellung der letzteren durch den Einfluss der Wärme u. s. w. Ähnliche Verschiedenheiten zeigt der chemische Reiz. Die Wirkung einer Säure auf die Geschmacksbecher wird natürlich verschieden sein von der Wirkung eines Salzes und somit auch die Reizung der in jenen verborgenen Nervenendigungen in beiden Fällen nicht die gleiche sein.

Sind also in den verschiedenen Sinnesapparaten mit ihren besonderen Epithelorganen und Nervenanordnungen Verhältnisse massgebend, denen gemäss verschiedene äussere Einflüsse ungleiche Nervenerregungen zur Folge haben, so bleibt noch die weitere Frage offen, ob auch die Art der Erregung in Abhängigkeit von Verschiedenheiten des Reizes Unterschiede darbieten könne? Man wird diese Frage wohl bejahen müssen, da sonst die qualitative Vielheit unserer Empfindungen unerklärt dastände. Wie ein durch äussere Einwirkungen peripher entstehender physiologischer Vorgang in dem Centralorgan einen seelischen Vorgang auslöst, liegt jenseits der Grenzen unseres Vorstellungsvermögens, allein es besteht kein Zweifel, dass die Quelle des psychischen Vorganges, der erste Anstoss zu seiner Entwickelung in der Aufnahme jenes äusseren Reizes durch eines der Sinnesorgane und durch das Auftauchen einer Erregung in letzterem, die als Nervenstrom dem Centralorgane sich mitteilt, zu suchen sei. Ist dem so, so stehen die qualitativen Verschiedenheiten der Sinneseindrücke in direkter Abhängigkeit von Eigentümlichkeiten der peripheren Erregungen und somit auch von Verschiedenheiten jener, die den Centralstätten zufliessen.

E i n e Erscheinung — das darf hier nicht verschwiegen werden — legt allerdings den Gedanken an eine centrale Ursache jener Differenzen unserer Sinneseindrücke nahe, die Thatsache nämlich, dass die spezifischen Sinnesnerven, gleichgültig von welcher Art von Reizen sie in ihrem Verlaufe getroffen werden, in ihren Centren allemal nur die dem betreffenden Sinnesorgan je adäquate Empfindung auslösen. So erzeugt elektrische oder mechanische Irritation des Sehnerven stets Lichtempfindung, mechanische Reizung des Gehörnerven jedesmal Schallempfindungen u. s. w. Viel einfacher erscheint hier indessen die

Annahme besonderer, jedem spezifischen Sinnesnerven eigentümlicher Molekularveränderungen, bedingt durch stete Einwirkung ganz bestimmter Reize und durch die hieraus resultierende Fähigkeit des Nerven und der zu ihm in Beziehung stehenden Centralzellen, äussere Irritationen nur in ganz bestimmter Weise zu beantworten, d. h. nur solche Ströme durchzulassen, die ihm unter gewöhnlichen Verhältnissen von seinem Sinnesorgane her zufliessen.

Allem zufolge muss ich meine feste Überzeugung dahin äussern, dass die qualitativen Differenzen unserer Sinneseindrücke nicht auf unwesentlichen Unterschieden im Baue der Centralstätten beruhen, sondern mit dem verschiedenen Aufbaue der peripheren Sinneswerkzeuge direkt zusammenhängen und von dem wechselnden Charakter der hier entstehenden Erregungen bezw. den daraus sich ergebenden Eigentümlichkeiten des Nervenstromes bedingt werden.

In den centrifugalen Leitungen fehlen vielleicht wesentliche Besonderheiten der von ihnen fortzupflanzenden Erregungen, da letztere stets aus der gleichen Quelle, nämlich aus dem Centralorgan, herkommen. Dagegen kann schwerlich bezweifelt werden, dass die Art des peripheren Erfolges unbedingt und allerorten durch die Natur jener Wechselbeziehungen, welche die peripheren Enden der Centrifugalbahnen zu den Gewebselementen (Muskelfasern, Drüsenzellen etc.) eingehen und durch die Besonderheiten dieser letzteren bestimmt werde. Auch hier besteht sonach ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem durch centrale Thätigkeit bedingten äusseren Effekt und den peripheren Beziehungen der Nervenfaser.

---

# Litteratur.

*Ambronn, H.* und *Held, H.*, Über Entwickelung und Bedeutung des Nervenmarkes. Ber. d. math.-physik. Klasse der K. Sächs. Ges. d. Wiss. Sitz. 4. Febr. 1895. — *Dieselben*, Beiträge zur Kenntnis des Nervenmarks. I. Über Entwickelung und Bedeutung des Nervenmarks. 1 Tafel. (Aus dem anat. Inst. d. Univ. Leipzig). Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1896, Heft 3 und 4, S. 202. II. Über Beobachtungen an lebenden und frischen Nervenfasern und die Sichtbarkeit ihrer doppelten Konturierung. 1 Textfigur. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat.Abt. 1896, Heft 3 u. 4, S. 214. — *Bechterew*, Obosrenye Psichiatrii (russisch) 1896, Nr. 1 und 2. — *Deyler*, État actuel de la question de l'amoeboidisme. Paris 1898. — *Duval, M.*, L'amoeboidisme du système nerveux. Revue scientifique. 12. Mars 1898. — *Elinson*, Sur les fibres centrifugues du nerf optique. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 10. S. III. 26.

p. 792. — *Golgi*, Sulla fina anatomia degli organi centrali del systeme nervoso. 1886. — *Held*, Beiträge zur feineren Anatomie des Kleinhirns und des Hirnstammes. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1892 u. 1893, S. 435. — *Derselbe*, Die centrale Gehörleitung. Arch. f. Anat. u. Entwickelungsgesch. 1893, S. 201 ff. — *Derselbe*, Beiträge zur feineren Anatomie des Kleinhirns. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1893. — *Giacomini*, Fascia dentata del grande hippocampo nel cervello umano. Giorni d. R. Acad. med. Torino 1883. — *Huguenin*, Über die Theorie der Neuronen. Corr.-Bl. f. Schweiz. Ärzte 1892. — *Koshewnikow*, Achsencylinderfortsatz der Nervenzellen. Arch. für mikrosk. Anat. Bd. VI. — *v. Kölliker*, Über den feineren Bau des Rückenmarkes. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1890, Bd. 41. — *Derselbe*, Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems, ibidem. — *Derselbe*, Über den feineren Bau des Bulbus olfactorius. Sitzb. d. phys.-med. Gesellsch. Würzburg 1892. — *Derselbe*, Über die feinere Anatomie und die physiologische Bedeutung des sympathischen Nervensystems. Vers. deutsch. Naturforscher u. Aerzte Wien 1894. — *Derselbe*, Kritik der Hypothesen von Rabl-Burckhardt und Duval über amöboide Bewegungen der Neurodendren. Sep.-Adr. — *Derselbe*, Zum feineren Bau des Zwischenhirns und der Regio hypothalamica. Vers. d. anat. Gesellsch. 1895. — *Derselbe*, Handbuch der Gewebelehre. Leipzig 1896. — *Lawdowski*, Vom Aufbau des Rückenmarkes. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 38. — *v. Lenhossék*, Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane. Wiesbaden 1894. — *Derselbe*, Der feinere Bau des Nervensystems. 2. Aufl. Berlin 1895. — *Lugaro*, Contributo alla fina anatomia del gran piede d'hippocampo. Arch. science med. XVIII. — *Löwenthal*, Sulle cellule d'origine della radice discendente del trigemino. Monit. Zool. 1894. — *Derselbe*, Sulla struttura del nucleo dentato. Monit. Zool. 1895. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der nervösen Elemente der Kleinhirnrinde unter einander. Unters. z. Naturl. d. Menschen u. d. Tiere. XV. 5. 6. 1896. — *Manouélian*, Société de Biologie, 19 Fevrier 1898. — *Marchi*, Sulla fina anatomia dei corp. striati e talami ottici. Riv. sper. di Fren. 1886. — *Marinesco*, Théorie des neurones. Application au processus de dégénérescence et d'atrophie dans le système nerveux. Presse méd. 1895. — *Martin*, Zur Endigung des Nervus acusticus im Gehirne der Katze. Anat. Anz. IX. 1893. — *Martinotti*, Beitrag zum Studium der Hirnrinde. Int. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1890. Bd. VII. — *Mirto*, Sulla fina anatomia del tetto ottico dei pesci teleostei e sull' origine reale del nervo ottico. Riv. sper. di Fren. XXI, 1, p. 136. — *Derselbe*, In risposta alla nota del prof. *R. Fusari*, „La terminazione centrale del nervo ottici nei teleostei". Riv. di patol. nerv. e ment. I. 10. 1896. — *Obersteiner*, Anleitung zum Studium des Baues der nervösen Centralorgane. 1896. — *Pupin, Ch.*, Le neurone et les hypothèses histologiques sur son mode de fonctionnement. Paris 1898. — *Pusateri*, Sulla fina anatomia del ponte di Varolio nell' uomo. Riv. di patol. nerv. e ment. I. 1. 1896. — *Ramón y Cajal*, Anatom. Anzeiger 1889, Nr. 3. — *Derselbe*, Sur l'origine et la direction des prolongations nerveuses de la couche moléculaire du cervelet. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1889, Bd. VI. — *Derselbe*, Sobre ciertos elementos bipolares de cerebelo joven. Gaceta Saniataria Barcelona. 1890. — *Derselbe*, Sobre las fibras nerviosa de la cafa granulosa del cerebele. Riv. trim. de Histol. 1889 und Int. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1890. — *Derselbe*, Gaceta médica catalona. 1890. Ref. im Neurol. Centralbl. 1891. Nr. 22. — *Derselbe*, Sur la fine structure du lobe optique des oiseaux et sur l'origine réelle des nerfs optiques. Int. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1891, Bd. VIII. — *Derselbe*, Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertébrés. Paris 1894. S. auch Arch. f. Anat. u. Entwick. 1893 S. 319 ff. — *Derselbe*, L'anatomie de la moelle épinière. — *Derselbe*, Rivista trimestral de Histologia 1888—1889. — *Derselbe*, Estructura del bulbo olfatorio de los aves. Gaz. san. de Barcelona. 1890. — *Derselbe*, Investigaciones

sobrelos, centros opticos. Tesis del doctorado. 1890. — *Derselbe*, Sur la structure de l'écorce cérébrale des quelques mammifères. La Cellule 1891. — *Derselbe*, Puente di Varolio ganglios cerebellogos. Annales de la sociedad de hist. nat. 1894. — *Derselbe*, Estructura del ganglio de la habenula de les mammiferes. ibidem. XXIII, 1894. — *Derselbe*, ibidem 1894. — *Derselbe*, Investigaciones micrográficas en el encefalo de los batricios. Zaragoza 1894. — *Derselbe*, Corps striés. Bibl. anat. 1895. — *Derselbe*, Beiträge zur feineren Anatomie des Grosshirns. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 56. — *Derselbe*, Apuntes para et Studio del bulbo raquides etc. Madrid. 1895. — *Derselbe*, Nouvelles contributions à l'étude histologique de la rétine et à la question des anastomoses des prolongements protoplasmiques. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1896. Bd. XXII. — *Derselbe*, Journ. de l'Anatomie 1896. — *Redlich*, Sur les cellules nerveuses multipolaires et la théorie de neurone de Waldeyer. Bull. méd. de Paris 1895 Bd. IX. — *Retzius*, Die Endigungsweise der Riechnerven. Biol. Unters. 1892. — *Derselbe*, Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde. Biol. Unters. 1892 Bd. III. — *Derselbe*, Die Cajal'schen Zellen der Grosshirnrinde. Biol. Unters. N. F. Bd. V. — *Rindfleisch*, Zur Kenntnis der Nervenendigungen in der Hirnrinde. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII. — *Sala*, Zur feineren Anatomie des Seepferdefusses. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 52. — *Schäffer*, Beiträge zur Histologie der Ammonshornformation. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 39. — *Schlesinger*, Über das wahre Neuron des Rückenmarkes. Neurol. Centralbl. 1895. — *Semi-Meyer*, Über eine Verbindungsweise der Neuronen. Arch. f. mikrosk. Anat. 1896 Bd. 47, Heft 4. — *Stephanowska*, Les appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs différents états physiologiques. Travaux de laboratoire de l'Institut Solvay. Bruxelles 1898. L'Année psych. t. IV, 1898. — *Suchanoff*, Arch. de Neurol. 1887. Woprossi filossofii i psichologii 1897 (russisch). — *Tartuferi*, Sull anatomia muinta dell' eminenze bigemine anteriori. Archivio ital. p. I. mal. nerv. 1885. — *Vincenzi*, Sulla fina anatomia del oliva bulbare dell' uomo. Atti della R. Acad. med. di Roma 2. S. XIII. 3. 1886—1887.

# VII. Abschnitt.

## Gesamtübersicht der Leitungsbahnen im Centralnervensystem.

Die Grundlage der Leitungsbahnen des Centralnervensystems wird allerorten von Nervenzellen und von Fortsätzen solcher dargestellt. Je nach der Richtung dieser letzteren zerfällt nun die Mehrzahl der Leitungsbahnen in aufsteigende und absteigende Systeme. Eine solche Einteilung entspricht einerseits dem anatomischen Aufbaue der Leitungsbahnen, bietet aber andererseits den Vorteil, dass dem physiologischen Principe der centrifugalen und centripetalen Leitungseinrichtung dabei vollauf Rechnung getragen wird. In vielen Fällen allerdings ist der Begriff der „aufsteigenden" Bahn mit einer gewissen Einschränkung aufzufassen, dann nämlich, wenn unzweifelhaft sensorische Bahnen eine gewisse Anzahl absteigender Fasern beherbergen, wenn es sich also nur um relativ oder vorwiegend aufsteigende Systeme handelt.

Daneben giebt es aber zahlreiche Faserstränge, deren Aufgabe nicht in einer Verbindung der Körperperipherie mit dem Centralorgane besteht, welche vielmehr zu einer Verknüpfung verschiedener Leitungsbahnen untereinander dienen. Die Leitungsbahnen verlaufen nämlich nicht ununterbrochen von der Peripherie zu den Centren oder umgekehrt; vielmehr werden von ihnen in gewissen Abständen nach den Seiten hin Kollateralen an nachbarliche graue Kerne abgegeben, oder es finden unmittelbar Unterbrechungen durch Einlagerung von Kernen statt, die ihrerseits vermittelst seitlicher Ausläufer zu entfernteren grauen Massen in Beziehung stehen. Dies sind collaterale Leitungen, gewissermassen Ausläufer der Hauptsysteme.

Eine gewisse Anzahl von Systemen endlich kann weder den aufsteigenden, noch den absteigenden zugezählt werden, da sie in Wirklichkeit aus zwei der Richtung nach einander entgegengesetzten Faserarten bestehen. Sie dienen zur Verknüpfung funktionell zusammengehörender Centren und heissen darum Associationsbahnen.

Von den cerebro-spinalen aufsteigenden, von der Körperperipherie zu der Gehirnrinde leitenden Bahnen sind folgende die wichtigsten:*)

1. Hintere Wurzeln; deren Fortsetzung in den *Burdach-Goll*schen Strängen; Hinterstrangkerne; hintere oder obere Kreuzung im verlängerten Marke; medialer Abschnitt der Hauptschleife; weitere Bahnen zu der Rinde der Central- und Parietalwindungen. Von einem Teile dieser Bahn werden unterwegs Zweigbahnen zum Grau des Rückenmarkes, zu dem Kleinhirn (aus dem Funiculus und Nucleus gracilis) und zu einigen Kernen der Formatio reticularis abgegeben.

2. Hintere Wurzeln; deren Fortsetzung in den *Burdach*schen Strängen; Grau der Hinterhörner des Rückenmarkes und deren Fasern zu den *Burdach*schen Strängen; Nucl. funiculi cuneati; hintere oder obere Kreuzung; lateraler Abschnitt der Hauptschleife; weitere Bahnen zu der Rinde der Central- und Parietalwindungen. — Zweigbahnen begeben sich zu dem Grau des Rückenmarkes, zum Kleinhirn (aus den *Burdach*schen Kernen), zu den Kernen der Formatio reticularis, zum vorderen Vierhügel und Corpus parabigeminum.

3. Hintere Wurzeln; Rückenmarksgrau; aufsteigende Fasern des homo- und kontralateralen Vorderseitenstranggrundbündels; Fortsetzung in der Schleife; Unterbrechung durch Ganglien der Hirnbasis; Central- und Parietalwindungen des Endhirns.

4. Hintere Wurzeln; Grau des Rückenmarkes (*Clarke*sche Säulen); Kleinhirnseitenstrangbahn; Rinde des Vermis superior cerebelli.

5. Hintere Wurzeln; Rückenmarksgrau; Fasciculus antero-lateralis; Vermis inferior cerebelli.

6. Bahnen durch die unteren Oliven und den hinteren Kleinhirnschenkel zum Kleinhirn.**)

Die weiteren Bahnen der Systeme 4—6 gehen durch den vorderen Kleinhirnarm; nach geschehener Kreuzung unter dem Vierhügel und nach Unterbrechung in dem roten Kern und Thalamus opticus streben sie den Parietal- und Centralwindungen zu.

7. Hintere Wurzeln; mein mediales Seitenstrangbündel in der sog. Grenzschicht.

8. Hintere Wurzeln; Faserzug an dem medialen Rande des Vorderstranges, mit experimentell nachweisbarer und in pathologischen Fällen beobachteter aufsteigender Entartung.

Die centralen Bahnen von 7. und 8. sind in der Formatio reticularis zu suchen.***)

---

*) Ihre seitlichen, durch Kollateralen dargestellten Abzweigungen bleiben hier unberücksichtigt.

**) Ein Teil der Olivenkleinhirnbahn hat augenscheinlich nicht aufsteigenden, sondern absteigenden Verlauf.

***) Ein kleines mediales aufsteigendes Vorderstrangbündel mit nicht näher erforschtem Ursprunge und centralem Verlaufe wäre hier noch zu erwähnen.

Von cerebralen aufsteigenden Leitungssystemen sind zu nennen:

9. Grosse oder sensorische Wurzel des Trigeminus; dessen Kerne in der Medulla oblongata; partielle Kreuzung ihnen entstammender Faserzüge in der Raphe, centralwärts in der Formatio reticularis und in der Schleife weiterziehend; unterer Teil der centralen Rindenregion.

10. Sensible Fasern des Glossopharyngeus und Vagus; Kerne derselben in der Medulla oblongata; daraus hervorgehende Fasern, in der Raphe partiell kreuzend; Fortsetzung in der Schleife und in der Formatio reticularis; Endigung in den unteren Abschnitten der centralen Rindenregion und ihrer nächsten Umgebung.

11. Ramus cochlearis des Gehörnerven; dessen Kerne im verlängerten Marke; die hier entspringenden Fasern kreuzen partiell in der Raphe über dem Trapezkörper und innerhalb des letzteren selbst; weitere Bahn in der lateralen Schleife und im hinteren Bindearm; Kerne des Corpus geniculatum mediale; Bahnen vom hinteren Vierhügelganglion und vom medialen Kniehöcker zu der Rinde der oberen Schläfenwindung.

Kollaterale Leitungen gehen von dieser Bahn zum Abducenskern (aus der oberen Olive) und zu dem vorderen Vierhügel.

12. Ramus vestibularis des Gehörnerven; mein Nucleus vestibularis und *Deiters*scher Kern; Faserzüge des medialen Abschnittes des hinteren Kleinhirnschenkels; centrale Kerne des Kleinhirnes und Rinde des Kleinhirnwurmes.

Die weiteren Bahnen von 12. sind in dem vorderen Kleinhirnschenkel zu suchen, welcher unterhalb der Vierhügelplatte zur Kreuzung gelangt und durch den roten Kern und den Thalamus opticus hindurch die Rinde der Parietal- und Centralwindungen aufsucht.

13. Nervus opticus; partielle Kreuzung in dem Chiasma; Tractus optici; Unterbrechung in dem lateralen Kniehöcker und vorderen Vierhügelganglion; die aus diesen primären Kernen entspringenden Opticusbahnen gehen zu der Rinde des Occipitallappens, vorwiegend zu der Gegend der Fissura calcarina und der angrenzenden Teile des Gyrus lingualis.

Unterwegs werden zwei kollaterale Bahnen abgegeben: die eine zum Thalamus opticus, die andere zu den Kernen des Nervus oculomotorius (Pupillenfasern).

14. Riechzellen; Fila olfactoria; Grau des Bulbus olfactorius; laterale Olfactoriuswurzel; Rinde der Schläfenlappenspitze und Ammonshorn.

Eine Zweigbahn begiebt sich zu der grauen Substanz des Tractus olfactorius, von hier zu der Commissura anterior und anscheinend auch zu den Ganglien der Basis (Thalamus opticus).

Von absteigenden Leitungsbahnen seien hier folgende aufgeführt:

1. Pyramidenbahn, entspringend in den Centralwindungen und in den hinteren Abschnitten der Stirnwindungen; partielle Kreuzung im verlängerten Marke; Pyramidenvorderstrang- und Pyramidenseitenstrangbahn des Rückenmarkes; Cellulae radiculares der Vorderhörner; vordere Rückenmarkswurzeln.

Ein Teil der Pyramidenbahn gelangt zu dem Kern des Nervus accessorius und zieht mit den Wurzeln desselben peripheriewärts. Ein anderer, kleinerer Teil tritt in der Brückenhaube zu den motorischen Hirnnervenkernen. Kollateralen von Pyramidenfasern endlich streben der Substantia nigra, den Brückenganglien und dem Grau der Vorderhörner des Rückenmarkes zu.

2. Accessorische Schleife, hervorgehend aus der Rinde des unteren Abschnittes der Centralwindungen, teilweise auch aus der hinteren Region der Stirnwindungen; Kreuzung in der Raphe; motorische Kerne und Nerven des Gehirnstammes (Hypoglossus, Vagus, oberer Ast des Facialis etc.).

Die Bahn 2. besteht aus mehreren, den verschiedenen motorischen Nerven des Hirnstammes entsprechenden Systemen.

3. Frontale Endhirnrinden-Brückenbahn, entspringend in den vorderen Abschnitten der Hemisphärenrinde; Brückengrau; dessen Bahnen im mittleren Kleinhirnschenkel.

4. Temporo-occipitale Endhirnrinden-Brückenbahn, hervorgehend aus der Rinde der hinteren und temporalen Gebiete des Endhirns; Brückenkerne; deren Bahnen im mittleren Kleinhirnschenkel.

Die Systeme 3. und 4. werden durch die absteigenden Kleinhirnbahnen weiter fortgesetzt.

5. Absteigende Fasern des Stabkranzes der Thalami. Faserzüge, die nach ihrem Austritte aus den Sehhügeln die *Forel*sche Kreuzung erzeugen und als aberrierendes Bündel in die Seitenstränge des Rückenmarkes hin absteigen. Vorderhornzellen. Vordere Wurzeln.

6. Centrale Haubenbahn, im Niveau der Sehhügel aus dem Endhirn hervorgehend; erreicht im verlängerten Marke die unteren Oliven. Fortgesetzt wird diese Bahn durch Züge, die in Zellen der unteren Oliven entspringen.

7. Dorsaler Abschnitt der hinteren Hirnkommissur, in dem Endhirn (Rinde des Temporal- und Parietallappens) entspringend; Kreuzung vor und zwischen den vorderen Vierhügeln; Fasern der Formatio reticularis; Fortsetzung in den Vorderseitensträngen des Rückenmarkes.

8. Faserzüge aus der Rinde des Ammonshornes, des Subi-

culum und des Gyrus fornicatus; Fortsetzung im Fornix und dessen weiteren absteigenden Bahnen.

9. Rindenbahnen zum Fasciculus subcallosus; Nucleus caudatus; dessen Verbindungen mit dem Globus pallidus und anderen tieferliegenden Gebilden.

10. Faserzüge der Gehirnrinde zu den Grosshirnganglien (Putamen des Linsenkernes); deren Bahnen zum Globus pallidus und Corpus subthalamicum und weitere Fortsetzung in absteigender Richtung.

11. Bahnen aus den frontalen Regionen der Hemisphärenrinde; Verlauf in dem medialen Abschnitt des Hirnschenkelfusses zur Substantia nigra; weitere Fortsetzung in absteigender Richtung.

12. Riechfeld; Taenia und Stratum zonale thalami; Fasciculus retroflexus; dessen Fortsetzungen durch das Ganglion interpedunculare zum Ganglion dorsale tegmenti, welches durch das dorsale Längsbündel von *Schütz* zu den motorischen Hirnnervenkernen in Beziehung steht.

13. Riechfeld; Taenia thalami; Verlauf jenseits des Ganglion habenulae als Pedunculus conarii; ventrale Fasern der hinteren Kommissur; Kern der hinteren Kommissur; absteigende Bahnen des Fasciculus longitudinalis dorsalis.

14. Faserzüge aus dem Grau des vorderen Vierhügels und absteigende cerebrale Verbindungen des Thalamus; fontänenförmige Kreuzung *Meynerts*; Verlauf in dem medialen Felde der Formatio reticularis; Fortsetzung in den Vordersträngen des Rückenmarkes; Grau der Vorderhörner; vordere Rückenmarkswurzeln.

Die Bahnen des Nervensystems leiten nicht ausnahmslos von der Peripherie zur Rinde oder umgekehrt. Einige von ihnen sind sozusagen von lokaler Bedeutung, insofern als sie die Körperperipherie mit gewissen Reflexcentren in Verbindung setzen. Unter den der Reflexthätigkeit vorstehenden Organen sind in erster Linie die Kerne der Formatio reticularis, die Brückenkerne, das Kleinhirn, das hintere und vordere Vierhügelganglion und die Thalami optici zu nennen. Alle sind sie mit der Hemisphärenrinde durch besondere Leitungsbahnen verknüpft; jedes von ihnen besitzt centrifugale und centripetale Anschlüsse, von welchen hier nur die wichtigsten betrachtet werden können.

Zu den centripetalen Bahnen der Kerne der Formatio reticularis gehören vor allem jene, welche letzteren aus den Hinterstrangkernen zufliessen; ihre centrifugalen Leitungen werden durch die absteigenden Elemente der Vorderseitenstranggrundbündel ausschliesslich des aberrierenden und vorderen Randbündels dargestellt.

Die centripetalen und centrifugalen Bahnen der Brückenkerne liegen in den Fasern des der Raphe entlang laufenden Fasciculus verticalis, welche weiterhin in Längsbahnen der Formatio reticularis übergehen.

Als centripetale Leitungen des Kleinhirns sind zu nennen: Die Kleinhirnseitenstrangbahn und der Fasciculus antero-lateralis, Hinterstrangfasern und deren Fortsetzungen zum Corpus restiforme, ein Teil der Fibrae cerebello-olivares, endlich die in dem medialen Abschnitte des hinteren Kleinhirnschenkels emporsteigenden Fibrae vestibulo-cerebellares.*) Centrifugale Kleinhirnbahnen sind: Das vordere Randbündel (Fasciculus antero-marginalis), Fasern des Fasciculus longitudinalis posterior (sie gehen in den Vorderstrang über und verlassen das Kleinhirn mit dessen hinterem Schenkel), das intermediäre Bündel der Seitenstränge, ein Teil der Fibrae cerebello-olivares, das spinale Bündel des mittleren Kleinhirnarmes sowie diejenigen Faserzüge des letzteren, welche durch die Tiefe der Brücke unmittelbar zur Haubengegend vordringen, endlich Fasern, welche aus dem Kleinhirn zu den oberen Oliven, zum *Deiters*schen Kern und zu den Seitenstrangkernen als antero-laterales absteigendes Bündel hinabsteigen.

Zu den centripetalen Bahnen des hinteren Vierhügels gehört die laterale Schleife. Die entsprechende centrifugale Leitung wird von Fasern besorgt, die längs der Aussenfläche des Hirnschenkels dorsal von der Schleifenschicht zu dem Nucleus reticularis tegmenti abwärtssteigen und weiterhin auch zu den Brückenkernen vordringen.

Als centripetale Leitungsbahnen des vorderen Vierhügels erscheinen: einerseits die laterale Schleife, andererseits die an die aufsteigenden Rückenmarkssysteme sich anschliessenden Bestandteile der Hauptschleife. In centrifugaler Richtung sind jene Fasern zu nennen, die unter dem vorderen Vierhügel die fontänenartige Kreuzung erzeugen und weiterhin im Vorderstrange des Rückenmarkes herabsteigen.

Den Sehhügeln endlich dienen als centripetale Leitungen die aus den aufsteigenden Rückenmarkssystemen sich fortsetzenden Teile der Hauptschleife; sodann die in das Stratum zonale des Thalamus übergehenden Fasern des Tractus opticus; ferner Faserzüge aus dem Bulbus olfactorius; endlich Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels. Von den centrifugalen Thalamusbahnen ist am genauesten bekannt das aberrierende Bündel, welches unter dem vorderen Vierhügel die ventrale oder *Forel*sche Kreuzung bildet und in den Seitenstrang des Rückenmarkes eintritt; centrifugaler Natur sind höchst wahrscheinlich noch andere Verbindungen der Sehhügel mit der Formatio reticularis;

*) Die zum Kleinhirn in dessen mittlerem Schenkel aufsteigenden Fasern können hier nicht in Betracht gezogen werden, da sie sich an die fronto- und occipito-pontile Bahn anschliessen.

auch meine centrale Haubenbahn würde hierher gehören, wenn sich ihr Zusammenhang mit dem Thalamus als feststehend erweisen sollte.

Zu den Associationssystemen im weitesten Sinne gehören im Rückenmarke: die Fasern der hinteren Kommissur; im Gehirnstamme: die Verbindungszüge zwischen den gleichnamigen sensiblen und motorischen Hirnnervenkernen beider Seiten (Kommissurenfasern zwischen den beiderseitigen Funiculi solitarii, zwischen den vorderen Acusticuskernen in der Trapezformation u. s. w.), sowie solche zwischen ungleichnamigen Hirnnervenkernen in dem hinteren Längsbündel und dorsalen Bündel des centralen Grau von *Schütz*; im Kleinhirne: die Bahnen zwischen den verschiedenen Regionen der Kleinhirnrinde; in den Endhirnhemisphären: die vordere Hirnkommissur einschliesslich der Kommissurenfasern zwischen den beiden Riechnerven, der Balkenfaserung, der Faserung des Psalterium, endlich lange und kurze Verbindungszüge und -fasern zwischen den verschiedenen Teilen der Endhirnrinde.

Die Gehirnrinde darf nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens nicht als einheitliches Organ betrachtet werden, in welchem die verschiedenen centripetalen und centrifugalen Bahnen sich in unbestimmter, planloser Anordnung verteilen würden. Sie erscheint vielmehr aus einer ganzen Reihe flächenhaft ausgebreiteter Organe zusammengesetzt, von welchen jedes zu ganz bestimmten centripetalen und centrifugalen Leitungen in Beziehung steht. Man kann diese Organe als sensitiv-motorische Zonen (Sinnesfelder) bezeichnen. Als solche sind zu nennen:

1. Die grosse sensitiv-motorische Tastsphäre. Sie umfasst Rumpf, Gesicht und Extremitäten einschliesslich der Mundhöhle und der inneren Organe und erstreckt sich über beide Centralwindungen, den hinteren Abschnitt der Stirnwindungen, einen Teil der Parietalwindungen und die anstossenden Gebiete der medialen Hemisphärenoberfläche.*)

Als centripetale Leitungen dieser Zone erscheinen die hinteren Wurzeln nebst dem N. trigeminus und vestibularis, die aufsteigenden Elemente der Hinter- und Seitenstränge, ihre Fortsetzung in der Schleife und im hinteren Kleinhirnschenkel, und ihre weiteren Bahnen zur Rinde, dargestellt durch den lateralen Thalamuskern und seinen Stabkranz, durch das Corpus subthalamicum und den Globus pallidus und ihre Rindenfasern, endlich durch den vorderen Kleinhirnschenkel, den roten Haubenkern und deren schliessliche Rindenverbindungen.

Als motorische Leitungen gehören hierher vor allem die Pyramidenbahn mit ihren die Wurzelzellen der Vorderhörner erreichenden spinalen Ausläufern, sodann aber auch die centrifugalen Gehirnnervenbahnen in

*) Sie beherbergt auch die sensitiv-motorische Zone für Ohren, Gesicht und Zunge, soweit diese Gebiete zur Haut- und Muskelsensibilität in Beziehung stehen.

der Pyramidenbahn und in der accessorischen Schleife, das frontopontile System, der Stabkranz des Corpus caudatum und des Putamen, die Bahnen von der Rinde zur Substantia nigra und schliesslich ein Teil des Stabkranzes der Thalami optici.

In anatomischer Beziehung schliesst sich hier unmittelbar an:

2. Die sensitiv-motorische Geschmacksphäre, bei dem Menschen, wie es scheint, dem Gebiete der Opercula entsprechend. Die hinzugehörige centripetale Leitung wird dargestellt durch die Wurzeln des Trigeminus und Glossopharyngeus bezw. deren centrale Bahnen in der Schleife und Formatio reticularis. Die centrifugale Leitung geht durch die Pyramidenbahn und die die centrifugalen Bahnen von Gehirnnerven (Glossopharyngeus, Hypoglossus) enthaltende accessorische Schleife, sowie durch die den motorischen Trigeminuskernen zustrebenden Faserzüge.

3. Die sensitiv-motorische Sehsphäre entspricht bei dem Menschen der Rinde des Occipitallappens beiderseits von der Fissura calcarina. Die centripetale Bahn derselben besteht aus dem Nervus und Tractus opticus und ihrer weiteren Fortsetzung von den primären Opticuscentren zur Rinde, der sog. *Gratiolet*schen Sehstrahlung. Als centrifugale Leitung kommen hier neben dem occipito-pontilen System die centrifugalen Bestandteile der Opticusbahn, wie der hintere Thalamusstiel u. a. in Betrachtung.

4. Die sensitiv-motorische Hörsphäre umfasst vorwiegend das Gebiet der ersten (oberen) Schläfenwindung. Ihre centripetale Leitung wird gebildet von dem Nervus acusticus und seiner centralen Bahn (Striae acusticae *Monakow*, Corpus trapezoideum, laterale Schleife, hinterer Bindearm und Faserzüge vom hinteren Vierhügel und medialen Kniehöcker zum Gyrus temporalis I). Die centrifugale Bahn der Hörsphäre verläuft in der dem Schläfenlappen entstammenden Abteilung des occipito-pontilen Systems, in dem unteren Schenkel des Thalamus opticus und im dorsalen Teil der hinteren Kommissur.

5. Die sensitiv-motorische Riechsphäre. Sie findet sich in dem Gyrus pyriformis und im Gebiete des Ammonshornes. Centripetale Bahnen: Nervi olfactorii, Bulbus olfactorius nebst dessen lateraler Wurzel und schliesslichen Fortsetzungen. Die entsprechende centrifugale Bahn besteht im Wesentlichen aus der Fornixfaserung und einem Teile des Thalamusstabkranzes (Faserzug vom Ammonshorn zum Thalamus opticus).

Ausser den genannten Sinnesfeldern mit ihren centripetalen und centrifugalen Leitungsbahnen unterscheidet *P. Flechsig* in der Gehirnrinde eine Reihe besonderer, sog. Associationscentra, zu welchen keine Stabkranzfasern hinführen und die daher mit den peripheren Organen und der Aussenwelt keine direkte Verbindung besitzen, sondern

zu den sensitiv-motorischen Rindenfeldern durch Vermittelung von Associationsbahnen in Beziehung stehen. Der Vorstellung einer völligen Isolierung dieser Centra von den subkortikalen Gebilden vermag ich mich übrigens nicht anzuschliessen. Vielmehr kann das Vorhandensein subkortikaler Verbindungen für einige derselben, wie für den Gyrus angularis, als sichergestellt gelten. Doch verdienen jene Rindengebiete m. E. eine unbedingte Sonderstellung als Erzeugnisse später phylogenetischer Entfaltung. Ihrer Funktion nach können sie nach meinem Dafürhalten als specifisch psychische Gebiete aufgeführt werden. Solcher Gebiete sind vor allem zwei zu unterscheiden:

1. Die hintere Zone. Sie umfasst die Parietalwindungen, den Präcuneus, einen Teil des Gyrus lingualis und fusiformis, die vorderen bezw. äusseren Abschnitte der Hinterhauptwindungen, den Gyrus temporalis II und III nebst der Insula Reilii. Sie entwickelt sich hauptsächlich im Zusammenhange mit der nachbarlichen Seh-, Hör- und Riechsphäre, zum Teile aber auch im Zusammenhange mit der sensitiv-motorischen Tastsphäre des Körpers.

2. Die vordere Zone liegt in dem vorderen Gebiete des Stirnlappens und kommt wesentlich im Zusammenhange mit der sensitiv-motorischen Körpersphäre zur Entfaltung.

An dem menschlichen Gehirne gewinnen die Associationscentra ihrer räumlichen Entwickelung nach das Übergewicht über die Sinnescentren. Während jene $^2/_3$ der Gehirnoberfläche umfassen, entfällt auf diese nur $^1/_3$ der gesamten Rinde (*P. Flechsig*).

Die Aufgabe der specifisch psychischen Zonen besteht in einer funktionellen Verkettung und Vergesellschaftung der sensitiv-motorischen Rindenfelder und in einer gewissen Umgestaltung der diesen letzteren zufliessenden Erregungen. Ein solches Verhältnis ist massgebend einerseits zwischen dem hinteren Associationsgebiete und der Seh-, Hör- und Riechsphäre; andererseits zwischen dem vorderen Associationsgebiete und den sensitiv-motorischen Körpercentren. Jenes beeinflusst und verarbeitet somit Erregungen, die in der Aussenwelt ihre Quelle haben, dieses im Wesentlichen solche, welche den eigenen Körper zum Bewusstsein bringen und von der Haut, den Muskeln, den Schleimhäuten und inneren Organen her dem Centralorgane zufliessen. Ichvorstellung und Persönlichkeitsgefühl stehen daher mit der Thätigkeit der vorderen Zone in engstem Zusammenhange (*P. Flechsig*).

So kommt es, dass Krankheitsvorgänge im Gebiete der vorderen Zone zu einer Erschütterung der Grundlagen der Persönlichkeit hinführen, während Erkrankungen der hinteren Zone Ideenverwirrung, Unfähigkeit der Orientierung im Raume, Verwechselung von Personen und Gegenständen, sowie gewisse für derartige Affektionen ausserordentlich bezeichnende Formen von Sprachstörung (Wortblindheit und

Worttaubheit) zur Folge haben. Beide Zonen stehen nach Ansicht von *P. Flechsig* miteinander in unmittelbarem Verkehr, sei es durch Vermittelung der zwischen ihnen eingeschobenen Tastsphäre, sei es durch das Bindeglied direkter Associationsbahnen.

Letztere sind wahrscheinlich für die Auslösung willkürlicher Vorstellungen von Bedeutung.

Mit diesen Sätzen, welche sich auf Ergebnisse umfassender, allseitiger Hirnuntersuchungen stützen und vor allem auf dem Boden von Thatsachen der entwickelungsgeschichtlichen Gehirnforschung durch den berühmten Nestor dieser neurologischen Methode gewonnen worden sind, schliesse ich die vorliegende Betrachtung der Leitungsbahnen. Noch sind jene Sätze nicht in allen ihren Beziehungen zu völliger, allgemeiner Anerkennung durchgedrungen. Ihre volle Wertschätzung wird, so glaube ich, die Zeit mit sich bringen. Allein schon jetzt vermag niemand ihnen die Bedeutung glänzender Hypothesen abzusprechen, Hypothesen, die dem so ungemein wichtigen Gebiete der modernen Psychophysiologie neue Forschungswege vorgezeichnet und schon hierdurch reiche Früchte getragen haben.

---

# Litteratur.

*Adamkiewicz*, Eine Bemerkung zu *Flechsigs* Mitteilung: „Über ein neues Einteilungsprinzip der Grosshirnoberfläche.“ Neurol. Centralbl. 1895, Bd. XIV. *Flechsigs* Bemerkung, ibidem S. 77. — *Anton*, Zur Balkendegeneration im menschlichen Gehirn. Jahrb. f. Psych. 1895, Bd. XIV. — *Auerbach*, Morphol. Jahrb. 1888, S. 373. — *Derselbe*, Beitrag zur Kenntnis der ascendierenden Degeneration des Rückenmarks etc. Virchows Archiv 1891, Bd. CXXIV. — *Baginski*, *B.*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des N. acusticus des Kaninchen. Sitzb. Preuss. Akad. d. Wiss. 25. Febr. 1886. — *Derselbe*, Neurol. Centralbl. 1889, Bd. VIII. — *Derselbe*, Virchows Archiv 1890, Bd. CXIX. — *Basilewski*, *A.*, Dissertation. Petersburg 1896. — *Barbacci*, Die sekundären Systeme aufsteigender Degeneration des Rückenmarkes. Centralbl. f. allgem. Pathol. u. path. Anat. 1891, Mai. — *Barth*, Über sekundäre Degeneration des Rückenmarkes. Arch. d. Heilkunde 1869, Bd. X. — *Beevor*, *C.*, On prof. Hamiltons theory concerning the corpus callosum. Brain 1885 u. 1886. — *Derselbe*, On the course of the fibres of the cingulum. Philos. Transact. Roy. Soc. 1891. — *Bellonci*, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1887, Bd. XLVII. — *Berdez*, Recherches expérim. du trajet des fibres centripètes de la moelle épinière. Revue méd. de la Suisse Rom. 1892. — *Bernheimer*, Über die Sehnervenwurzeln des Menschen. Ursprung, Entwickelung und Verlauf ihrer Markfasern. Wiesbaden 1891. — *Bechterew*, Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rücken-

marks auf Grund der Untersuchung ihrer Entwickelung. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 2. — *Derselbe*, Über zwei Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels. Wratsch (russisch) 1895, Nr. 9. — *Derselbe*, Zur Anatomie der Schenkel des Kleinhirns, insbesondere der Brückenarme. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 6. — *Derselbe*, Über zwei Bündel im medialen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels und über die Faserentwickelung des Gehörnerven. Wratsch (russisch) 1885, Nr. 25. — *Derselbe*, Über die innere Abteilung des Strickkörpers und den achten Hirnnerven. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 7. — *Derselbe*, Über eine bisher unbekannte Verbindung der grossen Oliven mit dem Grosshirn. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 9. — *Derselbe*, Über die Schleifenschicht bei foetalen menschlichen Gehirnen. Ber. d. math.-phys. Klasse der k. sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1885. — *Derselbe*, Über die Fasern der grauen Substanz des Rückenmarkes. Sitzb. d. psych. Ges. Petersburg (russisch) 1885. — *Derselbe*, Über die Bestandteile der sog. Seitenstrangreste d. Rückenmarkes. Wratsch (russisch) 1885, Nr. 29. — *Derselbe*, Über die Längsfaserzüge der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 15. Wratsch (russisch) 1886, Nr. 6. — *Derselbe*, Über die Verbindungen der Oberoliven und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung. Wratsch (russisch) 1885, Nr. 32. Ref. in Neurol. Centralbl. 1885. — *Derselbe*, Über sekundäre Degenerationen des Hirnschenkels. Westnik klin. i szud. psich. (russisch) 1885, Heft 1. — *Derselbe*, Ein neuer Fall von Degeneration des lateralen Teiles des Hirnschenkelfusses (des sog. Türckschen Bündels). Russk. Medicina (russisch) 1885, Nr. 3. — *Derselbe*, Über ein besonderes Bündel im Seitenstrange des Rückenmarkes. Neurol. Centralbl. 1885. — *Derselbe*, Über einen besonderen Bestandteil der Seitenstränge des Rückenmarkes und über den Faserursprung der grossen aufsteigenden Trigeminuswurzel. Wratsch (russisch) 1885, Nr. 26. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1886. — *Derselbe*, Über die Bestandteile des Strickkörpers. Westn. klin. i szud. psich. 1886 und Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1886. — *Derselbe*, Über die Degeneration des Hirnschenkels etc. Arch. f. Psych. 1887. — *Derselbe*, Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes. Medic. Obosr. (russisch) 1887, Nr. 17. — *Derselbe*, Über die hinteren Wurzeln, ihre Endigung im Rückenmarksgrau und ihre centrale Fortsetzung. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1887, Bd. V und Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1887. — *Derselbe*, Le cerveau de l'homme dans ses rapports et ses connexions intimes. Arch. slaves de Biol. Paris 1887. — *Derselbe*, Über die relative Entwickelung und die Lageverschiedenheiten der Pyramidenbahnen beim Menschen und bei den Tieren und über frühzeitig ummarkte Fasern in denselben. Medic. Obosr. (russisch) 1890 und Neurol. Centralbl. 1890, Nr. 24 und 1891, S. 107. — *Derselbe*, Über die äusseren Associationsfasern der Hirnrinde. Medic. Obosr. (russisch) 1891, Nr. 22 und Neurol. Centralbl. 1891, Nr. 22. — *Derselbe*, Über den Olivenstrang des Halsmarkes. Newrol. westn. (russisch) 1894 und Neurol. Centralbl. 1894, Nr. 12. — *Derselbe*, Über ein besonderes, intermediäres, in den Pyramidenseitensträngen befindliches Fasersystem. Neurol. Centralbl. 1895, Bd. XIV, Nr. 21, S. 929. — *Derselbe*, Über das mediale Seitenstrangbündel des Rückenmarkes. Obosr. psich. (russisch) 1897. Neurol. Centralbl. 1897, Nr. 15. — *Derselbe*, Über centrifugale, aus der Seh- und Vierhügelgegend ausgehende Rückenmarksbahnen. Neurol. Centralbl. 1897, Nr. 23 und Obosr. psich. (russisch) 1897. — *Derselbe*, Über einen besonderen Kern der Formatio reticularis etc. Newrol. Westn. (russisch) 1898. — *Bianchi*, Sulle degenerazioni discendenti endoemisferiche, seguite all' estirpazione dei lobi frontali. Annali di neurol. 1895, Bd. XIII, 3 und 4. — *Derselbe* und *d'Abundo*, Die ins Gehirn und Rückenmark herabsteigenden experimentellen Degenerationen etc. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 17. — *Biedl*, Absteigende Kleinhirnbahnen. Neurol. Centralbl. 1895. — *Bielschowski*, Obere Schleife und Hirnrinde. Neurol. Centralbl. 1895, Bd. XIV, S. 205. — *Bins-*

*wanger* und *Moeli*, Zur Frage der sekundären Degeneration. Neurol. Centralbl. 1883. Nr. 1. — *Birchhoff*, Über Atrophie und Sklerose des Kleinhirns. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. XII. — *Bischoff*, Kompressionsmyelitis des oberen Brustmarkes. Wien. klin. Wochenschr. 1896, Nr. 37, S. 820. — *Blum*, Über absteigende sekundäre Degeneration in den Hintersträngen des Rückenmarkes. Sep.-Abdr. — *Borgherini*, Degenerazione fascicolata discendente. Riv. sper. di Fren. 1886. — *Bottazzi*, Sull' emisezione del midollo spinale. Riv. critica e contributo sperimentale. 1 tav. Riv. sper. di Fren. e di med. leg. XXI. 4. 1896. Arch. ital. de Biol. XXIV. 3. 1896. — *Bouchard*, Des dégénérations sécondaires de la moelle épinière. Arch. gen. de méd. 1866. V. 1—2. — *Brasset*, Contribution à l'étude des connexions du cervelet. Paris 1891. — *Bregmann*, Über experimentelle aufsteigende Degeneration motorischer und sensibler Hirnnerven. Jahrb. f. Psych. Bd. XI. 1892, S. 73. — *Brero, P. van*, La terminaison corticale du faisceau latéral pedonculaire (faisceau de Turck). Nouvelle iconographie de la Salpétrière 1896. — *Brosset*, Contribution à l'étude des connexions du cervelet. Thèse de Lyon. 1890. — *Bruce*, Descending degeneration of the Commissur. Brain 1891. — *Derselbe*, D'un faisceau special de la zone latéral de la moelle épinière. Revue Neurol. 1896. Bd. IV. S. 698. — *Bruce* and *Muir*, On a descending degeneration in the posterior columns in the lumbo-sacral region of the spinal cord. Brain 1896, Bd. XIX, S. 333. — *Burdach*, Vom Bau und Leben des Gehirns. Leipzig 1822. — *Ceni*, Contributo allo studio delle degenerazione ascendente dei cordoni posteriori e delle fibre arciformi del midollo allungato nell'uomo. Ref. med. XI. 109, S. 400. Maggio 1895. — *Darkschewitsch*, Über die hintere Kommissur des Gehirnes. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 5. — *Derselbe*, Einige Bemerkungen über den Faserverlauf in der hinteren Kommissur des Gehirnes. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 5. — *Derselbe*, Zur Frage von den sekundären Veränderungen der weissen Substanz des Rückenmarkes bei Erkrankung der Cauda equina. 14 Abbild. Neurol. Centralbl. 1896, S. 5. — *Daxenberger*, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1893, Bd. IV. — *Déjérine*, Contribution à l'étude de la dégénérescence des fibres de l'étage inférieure etc. Extr. des mém. de la soc. de Biol. Séance du 30. Decembre 1893. — *Derselbe*, Sur les connexions du noyau rouge avec la corticalité cérébrale. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 10. S. II. 12, p. 226. 1895. — *Derselbe*, Sur les connexions du ruban de Reil. Soc. de Biol. 1895. — *Derselbe* und *Sottas*, Neurol. Centralbl. 1895, Nr. 8. — *Derselbe* und *Spiller*, Contribution à l'étude de la texture des cordons postérieurs de la moelle épinière. Compt. rend. de la Soc. de Biol. X, S. II. 27. 1895. — *Derselbe* und *Thomas*, Sur les fibres pyram. etc. Soc. de Biol. 14 Mars 1896. — *Dieselben*, Sur les fibres pyramidales homolaterales. Arch. de phys. norm. et pathol. S. V. T. VIII, Nr. 2. Avril 1896, S. 277. — *Dieselben*, Contribution à l'étude du trajet intramédullaire des racines postérieures dans la region cervicale et dorsale supérieure de la moelle épinière. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 10 S. III. 23. p. 675. 1896. — *Dobrotworski*, Über sekundäre Degenerationen im Rückenmarke. Obosr. psich. (russisch) 1897, Nr. 9, S. 671. — *Durante*, Des dégénérescences sécondaires du système nerveux. Paris 1895. — *Edinger*, Zur Kenntnis des Verlaufes der Hinterstrangfasern in der Medulla oblongata und im unteren Kleinhirnschenkel. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 4. — *Derselbe*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896. — *Derselbe*, Verlauf der centralen Hirnnervenbahnen. Ber. d. X. Vers. südwestdeutscher Neurol. Arch. f. Psych. 1895, Bd. XVI. — *Derselbe*, Über die Verbindung der sensiblen Nerven mit dem Zwischenhirn. Anat. Anz. 1887. — *Derselbe*, Über die Fortsetzungen der hinteren Rückenmarkswurzeln zum Gehirn. Anat. Anz. 1889. — *Derselbe*, Die Faserung aus dem Stammganglion (Corpus striatum). Anat. Anz. 1894. — *Egger*, Über totale Kompression des oberen Dorsalmarkes. Arch. f. Psych. und Nervenkr. 1895. Bd. XXVII, H. 1, S. 129. — *Ferrier*, Brain, Spring

1894. — *Flatau*, Das Gesotz der excentrischen Lagerung der langen Bahnen im Rückenmark. Sitzb. preuss. Akad. Wiss. Math.-phys. Klasse. 18. März 1897. — *Flechsig*, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig 1876. — *Derselbe*, Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig 1883. — *Derselbe* und *Hösel*, Centralwindungen als Centralorgan der Hinterstränge. Neurol. Centralbl. 1890, Nr. 14. — *Francotte*, De la dégénérescence du faisceau du Gowers. Bull. Ac. r. belg. 1889. — *Franck* et *Pitres*, Des dégénérations sécondaires de la moelle épinière. Progr. méd. 1890, S. 155 und Gaz. méd. de Paris 1880, Nr. 12, S. 152. — *Fryliusk*, Nederl. Tijdschr. van Genesk. 1889. II. Nr. 45. — *Ganser*, Über die vordere Hirnkommissur der Säugetiere. Arch. f. Psych. Bd. IX. 1878. — *v. Gehuchten*, Anatomie du système nerveux de l'homme. IIme édition. Louvain 1897. — *Derselbe*, Contribution à l'étude du faisceau de Meynert. Bull. Acad. Méd. Belg. 1894. — *Gombault*, Bull. Soc. anat. 1891. — *Derselbe* und *Philippe*, Un cas de myelite transverse d'origine traumatique. Bull. Soc. anat. 1894, Nr. und 2. — *Gowers*, Bemerkungen über die antero-laterale aufsteigende Degeneration im Rückenmark. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 5. — *Gudden*, Experimentaluntersuchungen über das peripherische und centrale Nervensystem. Arch. f. Psych. 1870. Bd. II. — *Derselbe*, Über einen bisher nicht beschriebenen Nervenfaserstrang im Gehirne der Säugetiere und des Menschen. Arch. f. Psych. 1870. — *Derselbe*, Untersuchungen über die Haubenregion. Arch. f. Psych. 1877, Bd. VII. — *Derselbe*, Beiträge zur Kenntnis des Corpus mammillare. Arch. f. Psych. Bd. XI. — *Derselbe*, Gesammelte und hinterlassene Abhandlungen, herausg. von Grashey. 1889. — *Held*, Über eine direkte akustische Rindenbahn. Arch. f. Anat. u. Phys. Anat. Abt. 1892. — *Helweg*, Arch. f. Psych. Bd. XIX, Heft 1. — *Heymann*, Beiträge zur pathologischen Anatomie der Rückenmarkskompression. Virchows Archiv, Bd. 149, Heft 3, S. 563. 1893. — *Hoche*, Über sekundäre Degeneration, speziell des Gowersschen Bündels, nebst Bemerkungen über das Verhalten der Reflexe bei Kompression des Rückenmarkes. Arch. f. Psych. XXVIII. 2. S. 510. 1896. — *Derselbe*, Über Verlauf und Endigungsweise der Fasern des ovalen Hinterstrangfeldes im Lendenmarke. Neurolog. Centralbl. XV. 4. 1896. — *Derselbe*, Beiträge zur Anatomie der Pyramidenbahn etc. Arch. f. Psych. Bd. XXX, Heft 1. — *Hösel*, Die Centralwindungen ein Centralorgan der Hinterstränge und des Trigeminus. Arch. f. Psych. Bd. XXIV, Heft 2. — *Homen*, Über sekundäre Degeneration im verlängerten Mark und Rückenmark. Virchows Archiv, Bd. 88. — *Howard H. Tooth*, A contribution to the topographical anatomy of the spinal cord. St. Barth. Hosp. Reports. Vol. XXI. 1888. — *Derselbe*, The Gulstonian lectures on secondary degeneration of the spinal cord. London 1889. — *Derselbe*, On the destination of the antero-lateral ascending tract. Brain, Vol. XV. 1892. Pt. 59 and 60. Autumn-Winter, p. 394—403. — *Jacob*, Ein Beitrag zur Lehre vom Schleifenverlauf. Neurol. Centralbl. XIV. 7. 1895, S. 308. — *Jelgersma*, Die sensiblen und sensorischen Nervenbahnen und Centren. Neurol. Centralbl. 1895, Bd. XIV, S. 290. — *Derselbe*, Psych. Bladen. XIV. — *Kaes*, Über den Faserreichtum der Hirnrinde. Neurol. Centralbl. 1893. — *Derselbe*, Über Grosshirnrindenmasse und über Anordnung der Markfasersysteme. Wien. med. Wochenschr. 1895. — *Derselbe*, Über Grosshirnrindenmasse und über Anordnung der Markfasersysteme in der Rinde des Menschen. Wien. med. Wochenschr. 1895, Nr. 41 und 42. — *Derselbe*, Über den Markfasergehalt der Hirnrinde. Münch. med. Wochenschr. 1896, Heft 5. — *Derselbe*, Über den Markfasergehalt der Grosshirnrinde eines $1^1/_2$-jährigen männlichen Kindes. Jahresber. d. Hamburger Staatskrankenanstalten. IV. 1893—1896. — *Kam*, Zur Kenntnis der sekundären Veränderungen im Hirnstamme. Arch. f. Psych. Bd. XXVII, Heft 3. — *Kèraval* et *Targowla*, Fibres nerveuses à myéline intracorticales du cerveau. Ann. medico psychol. 1890. — *Kirilzeff*, Zur Lehre vom Ursprunge und dem centralen Verlauf des Gehörnerven. Mediz. Obosr.

(russisch) 1892. — *Derselbe*, Arch. de Neurol. Bd. XXVI. — *Klimow*, Über die Leitungsbahnen des Kleinhirns. Kasan 1897. — *v. Kölliker*, Über den Fornix longus s. superior des Menschen. Vierteljahrschr. d. Nat.-Ges. zu Zürich. — *Derselbe*, Handbuch d. Gewebelehre. Leipzig 1896. — *Koranyi*, Über die Folgen der Durchschneidung des Hirnbalkens. Pflügers Archiv, Bd. 47. — *Langley*, Recent. observations on degeneration and on nerve tracts in the spinal cord. Brain. Vol. IX. 1886 p. 92 Parts XXXII. — *Landmeyer*, Sekundäre Degeneration nach Exstirpation motorischer Centra. Zeitschr. f. Biol. Bd. XXXVIII, 1863, S. 177. — *Lebedeff*, Verlauf der vorderen Rückenmarkswurzeln im Gehirn. St. Peterburger Nat.-Gesellsch. 29. Septbr. 1872 (russisch). — *Leonowa*, Über das Verhalten der Neuroblasten des Occipitallappens bei Anophthalmie u. Bulbusatrophie und seine Beziehungen zum Sehakt. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893, S. 308. — *Lissauer*, Beitrag zur pathol. Anatomie der Tabes dorsalis etc. Vorl. Mitt. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 11. — *Löwenthal*, Dégénérations sécondaires ascendantes dans la bulbe rachidienne, dans le pont et dans l'étage supérieure de l'isthme. Revue méd. de la Suisse Rom. 1885. 10. — *Derselbe*, Contribution expérimentale à l'étude des atrophies sécondaires du cordon postérieur etc. Recueil Zool. T. IV, Nr. 1. — *Derselbe*, Parcours central du faisceau cérébelleux direct. Bull. Soc. anat. 1885. — *Derselbe*, Über den Unterschied zwischen der sekundären Degeneration des Seitenstranges nach Hirn- und Rückenmarksverletzungen. Pflügers Arch., Bd. XXXI. 1883. S. 350. — *Derselbe*, Des dégénérations sécondaires de la moelle épinière consecutives aux lésions expér. med. et cord. Ref. in Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 2. — *Derselbe*, Dégénérations sécondaires de la moelle consecutive aux lésions expérim. Recueil Zool. Suisse. T. II. 1885. — *Derselbe*, Note rélative à l'atrophie de la colonne de Clarke observée chez un jeune chat. etc. Revue méd. de la Suisse Rom. 15. Jan. 1896, p. 20—27. — *Derselbe*, Neuer experim.-anatomischer Beitrag zur Kenntnis einiger Bahnen im Gehirn und Rückenmark. Intern. Monatsschr. 1893, Heft 5, 6, 7. — *Derselbe*, Contribution à l'étude des dégénérescences consecutives aux lésions des racines post. Revue de médecine 1893, S. 290. — *Luys*, Description d'un faisceau de fibres cérébrales descendantes allant se perdre dans le corps olivaire. Compt. rend. Soc. Biol. 13. Juli 1895. — *Mahaim*, Ein Fall von sekundärer Erkrankung des Thalamus etc. Arch. f. Psych., Bd. XXV, Heft 2. — *Marchi*, Sulle degenerazione consecutive all'estirpazione totale e parziale del cervelletto. Riv. sper. di Fren. 1886. — *Derselbe*, Sull' origine e decorso dei peduncoli cerebelleri etc. Florenz. — *Derselbe*, Sull' origine del lemnisco. Riv. di patol. nervosa e ment. I. 9. 1896. — *Marinesco*, Des connexions du corps strié avec le lobe frontal. Compt. rend. Soc. Biol. Febr. 2. 1895. — *Martius*, Die Methoden zur Erforschung des Faserverlaufes im Centralnervensystem. Samml. klin. Vortr. v. Volkmann. Nr. 276. 1886. S. 25. — *Mellus*, Preliminary note in the spinal cord of monkeys. Proc. R. Soc. 1894 May 23. — *Meynert*. Neue Studien über Associationsbündel. Wien. Acad. Sitzb. Bd. 101. — *Derselbe*, Skizze des menschlichen Grosshirnstammes nach seiner Aussenform und seinem inneren Bau. Arch. f. Psych. 1884. Bd. IV. — *Derselbe*, Psychiatrie. Anatom. Einl. Wien 1884. — *Mingazzini*, Du rôle du cordon antéro-latéral ascendant. Riv. sper. di Fren. Bd. XVIII. Fasc. 3 u. 4. — *Derselbe*, Recherches complémentaires sur le trajet du pedunculus medius cerebelli. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. VIII. 7. 1891. — *Derselbe*, Über die gekreuzte cerebro-cerebellare Bahn. Neurol. Centralbl. 1885. 15. — *Derselbe*, Sulle degeneraz. consec. all'estirpazioni emicerebellari. Ric. Lab. An. Roma. 1894. IV. — *Derselbe*, Intorno al decorso delle fibre appartementi al pedunculus medius cerebelli etc. Arch. per le scienze mediche. Vol. XIV. — *Mirto*, Sulle degenerazioni secunderi cerebello-cerebrali etc. Arch. per le scienze mediche. Vol. XX. Nr. 19. — *Moeli*, Über sekundäre Degeneration. Arch. f. Psych. u. Nerv. 1885. Bd. XIV. S. 173. — *v. Mona-*

*kow*, Experimentelle Untersuchungen über Hirnrindenatrophien. Neurol. Centralbl. 1883. Nr. 22. — *Derselbe*, Experim. Beitr. zur Kenntnis der Pyramiden- und Schleifenschicht. Corr.-Bl. Schweiz. Ärzte. 1884. Nr. 6 u. 7. — *Derselbe*, Neue experim. Beiträge zur Anatomie der Schleife. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 12. — *Derselbe*, Über sekundäre Degeneration etc. Sitzb. Ges. Ärzte. Zürich. 6. Febr. 1886. Schw. Corr.-Bl. 1886. — *Derselbe*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Acusticus. Schw. Corr.-Bl. XVII. 5. 1887. — *Derselbe*, Arch. f. Psych. XXI, 1889. — *Derselbe*, Experim. und pathol.-anat. Untersuchungen über d. Beziehungen d. Sehsphäre zu d. infrakortikalen Opticuscentren. Arch. f. Psych. Bd. XIV, XVI, XX, XXIII, XXIV. — *Derselbe*, Über einige durch Exstirpation circumskripter Hirnrindenregionen bedingte Entwickelungshemmungen des Kaninchenhirns. Arch. f. Psych. Bd. XII. — *Derselbe*, Striae acusticae und untere Schleife. Arch. f. Psych. Bd. XI. — *Derselbe*, Experim. u. path.-anat. Unters. über d. Haubenregion, die Sehhügel und die Regio subthalamica. Arch. f. Psych. 1895, Bd. XXVII, Heft 1. — *Mott*, Ascending degeneration. Brain 1892. — *Müller*, Über einen Fall von Tuberkulose des oberen Lendenmarkes unter besonderer Berücksichtigung der sekundären Degenerationen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1897, Bd. X, Heft 3 u. 4, S. 273—291. — *Muratoff*, Sekundäre Degenerationen des Balkens. Wratsch (russisch). 1892 Nr. 42. — *Derselbe*, Sekundäre Degenerationen nach Zerstörung d. motorischen Sphäre des Gehirns in Verbindung mit der Frage v. d. Lokalisation d. Hirnfunktionen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893, S. 97 ff. — *Derselbe*, Sekundäre Degenerationen bei Herderkrankungen der motorischen Sphäre der Rinde. Moskau 1893, S 5 (russisch). — *Derselbe*, Sekundäre Degeneration nach Zerstörung des Balkens. Neurol. Centralbl. 1894. — *Derselbe*, Zur Pathologie der Gehirndegenerationen bei Herderkrankungen der motorischen Sphäre der Rinde. Neurol. Centralbl. 1895, Bd. XIV. S. 482. — *Derselbe*, Zur Pathologie der Gehirndegeneration bei Herderkrankungen der motorischen Sphäre der Rinde. Neurol. Centralbl. 1898 Nr. 11. — *Obersteiner*, Anleitung zum Studium d. Baues der nervösen Centralorgane. 1896. — *Onufrowitsch*, Experim. Beitrag zur Kenntnis d. Ursprunges des N. acusticus des Kaninchens. Arch. f. Psych. Bd. XVI, Heft 3. — *Patrik*, On the course and destination of Gowers tract. Journ. of nerv. and ment. Diseas. XXI. 2. S. 85. 1896. — *Derselbe*, Über aufsteigende Degeneration. Arch. f. Psych. Bd. XXV. — *Pawlowski*, Über den Faserverlauf in der hinteren Gehirnkommissur. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1874, Bd. XXIV. — *Pellizzi*, Contribution à l'anatomie et à la physiologie des voies cérébelleuses. Arch. ital. de Biol. Bd. XXIV. Fasc. 1. — *Derselbe*, Degener. consec. a lesioni cerebellari. Riv. sper. di Fren. 1895. — *Derselbe*, Sulle degenerazioni secondari a lesioni cerebellari. Riv. sper. di Fren. XXI. 1. 1895. — *Derselbe*, Sul decorso nel bulbo, nel cervello posteriore e nel cervelletto delle fibre degenerate in linea ascendente nei fasci periferici del cordone antero-laterale, e sui rapporti che contraggono i resti dei cordoni posteriori col corpo restiforme. Torino 1895. — *Derselbe*, Sur les dégénérescences sécondaires, dans le système nerveux central, à la suite de lésions de la moelle et de la section de racines spinales. Contribution à l'anatomie et à la physiologie des voies cérébelleuses. Arch. ital. de Biol. XXIV. 1. p. 89. 1895. — *Derselbe*, Nuove ricerche sperim. sulle degenerazioni secondari spinali. Ann. di Fren. e Scienze affini del R. Manic. di Torino. Separat: Torino 1896. — *Derselbe*, Contributo allo conoscenza delle degenerazioni secondari del midollo spinale. Ibidem 1894. — *Pitres*, Nouveaux faits relatifs à l'étude des dégénérations bilaterales de la moelle épinière. Progr. méd. 1882, Nr. 27, S. 528. — *Derselbe*, Distribution topogr. des dégénér. sécond. etc. Arch. de Physiol. 1884. — *Derselbe*, Des dégénérations sécondaires de la moelle épinière. Gaz. méd. de Paris 1877, Nr. 3, S. 37. — *Popoff* und *Flechsig*, Ursprungsgebiete der Fasern der vorderen Kommissur in der Hirnrinde des Men-

schen. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 22. S. auch Wratsch (russisch) 1886. — *Pribytkoff*, Tumor an der Grenze des Hals- und Brustmarkes mit Pupillenerscheinungen. Sitzb. Mosk. Ges. Neur. u. Irrenärzte. 20. I. 1898. Wratsch (russisch) 1898. Nr. 9, S. 264. — *Rauber*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. II. Nervenlehre und Sinnesorgane. 5. Aufl. Leipzig 1898. — *Raymond* et *Artand*, Le trajet intracérébral de l'hypoglosse. Arch. de Neurol. Bd. VII. — *Reimers*, Ber. d. wiss. Vers. der Aerzte d. Klinik f. Nerven- u. Geisteskr. in Petersburg. Obosr. psich. (russisch) 1897. — *Richter*, Zur Frage der optischen Leitungsbahnen des menschlichen Gehirns. Arch. f. Psych. Bd. XII, Heft 3. — *Romanoff*, Neurol. Centralbl. 1898, Nr. 13. — *Rossolymo*, Ein Fall von totaler Degeneration eines Hirnschenkelfusses. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 7. — *Derselbe*, Zur Frage über den weiteren Verlauf der Hinterwurzelfasern im Rückenmarke. Neurol. Centralbl. 1886, Nr. 17. — *Derselbe*, Zur Frage über den Ursprung u. weiteren Verlauf der Hinterwurzelfasern im Rückenmark. Neurol. Centralbl. 1886. — *Derselbe*, Inaug.-Dissert. Moskau 1887 (russisch). — *Derselbe*, Zur Physiologie der Schleife. Arch. f. Psych. Bd. 21. — *Rothmann*, Über die Degeneration der Pyramidenbahnen nach einseitiger Exstirpation der Extremitätencentra. Neurol. Centralbl. XV, S. 494 und 530. 1896. — *Sachs*, Ein Beitrag zur Frage des fronto-occipitalen Associationsbündels mit Demonstrationen. Allg. Zeitschr. f. Psych. LIII. 1. S. 181. Autoreferat. — *Scarpaletti*, Befund von Kompression und Tuberkulose im Rückenmark. Jahrb. f. Psych. u. Neurol. Bd. XV. Heft 2—3, 1897. — *Schaffer*, Beitrag zur Histologie der sekundären Degeneration. Arch. f. mikr. Anat. 1898 Bd. XLIII. — *Schiefferdecker*, Beitrag zur Kenntnis des Faserverlaufes im Rückenmark. Arch. f. mikr. Anat. 1884. Bd. X. — *Schlesinger*, Über den Verlauf der Schmerz- und Temperatursinnesbahnen im Rückenmarke. Verh. Physic. Club. Wien. 26. März 1895. — *Derselbe*, Beiträge zur Kenntnis der Schleifendegenerationen. Arb. aus *Obersteiners* Labor. 1894, Heft 4. — *Schtscherbak*, Über den Flockenstiel. Neurol. Centralbl. 1893. — *Schultze*, Beitrag zur Lehre von der sek. Degeneration im Rückenmarke des Menschen etc. Arch. f. Psych. Bd. XIV. Heft 2. — *Schütz*, Anat. Unters. über d. Faserverlauf im centralen Höhlengrau u. Nervenfaserschwund in demselben bei der progr. Paralyse der Irren. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1891, Bd. XXII, S. 527 ff. — *Derselbe*, Anatomische Untersuchungen über den Faserverlauf im centralen Höhlengrau. Arch. f. Psych. Bd. XXI. — *Sernoff*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Moskau. — *Sherrington*, Note on bilateral degeneration in the pyram. tract. etc. The Brit. Med. Journ. 1890. 4. Jan. S. 14. — *Derselbe*, Note on experim. degeneration of the pyram. tract. Lancet 1894. — *Derselbe*, Note on the spinal portion of some ascending degenerations. Journ. of Physiology. Vol. XIV, Nos. 4 et 5. 1893, p. 299—300. — *Derselbe*, On second. and tert. degenerat. Journ. of Physiol. XIII. u. XIV. — *Derselbe* und *Hadden*, Bilateral degeneration of the spinal cord etc. Brain 1868. — *Singer*, Über sekundäre Degeneration im Rückenmarke des Hundes. Wien. Akad. Sitzb. III. Abt. 1881. Bd. LXXXIV. — *Sioli*, Über die Fasersysteme im Fuss des Grosshirnschenkels und Degeneration derselben. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLIV. 1889. — *Spitzka*, Über einige durch die Atrophie-Methode erzielte Resultate, hauptsächl. die Commissura posterior betreffend. Neurol. Centralbl. 1885, Nr. 11. — *Derselbe*, The intra-axial course of the auditory tract. 1886. — *Takàks*, Über den Verlauf der hinteren Wurzelfasern im Rückenmarke etc. Neurol. Centralbl. 1887. — *Targowla*, Les fibres nerveuses intracorticales. Thèse de Paris 1890. — *Teljatnik*, Über die Verbindungen des Kleinhirns. Newrol. Westn. (russisch). Bd. V. Heft 3. — *Thomas*, Le faisceau cérébelleux descendant. Soc. de Biol. 2 Janv. — *Derselbe*, Le cervelet. Paris 1897. — *Derselbe*, Sur les fibres d'union de la moelle avec les autres centres nerveux et et principalement sur les faisceaux cérébelleux ascendants. Soc. de Biol. 23 Janv. 1897. — *Timmer*, Proefschrift. Utrecht 1889. — *Tooth*, Second. degeneration.

London 1889. — *Tschermak*, Neurol. Centralbl. 1898, Nr. 5. — *Usher* and *Dean*, Experim. reshearsh on the course of the optic nerve fibres. Ophthalm. Soc. of the Unit. Kingdom. July 3. — *Vejas*, Experim. Beiträge zur Kenntnis der Verbindungsbahnen des Kleinhirns und des Verlaufes der Funiculi gracilis et cuneatus. Arch. f. Psych. Bd. XII. — *Vialet*, Les centres cérébraux de la vision et l'appareil nerveux visuel intracérébral. Paris 1893. — *Vulpius*, Über die Entwickelung und Ausbreitung der Tangentialfasern. Arch. f. Psych. Bd. XXIII. — *Waldeyer*, Das Rückenmark des Gorilla etc. Berl. Acad. Abh. 1888. S. 20. Corr.-Bl. f. Anthropol. 1889. — *Wallenberg*, Neurol. Centralbl. 1889. Nr. 12. — *Weidenhammer*, Zur Frage der absteigenden Degeneration der Schleife. Sep.-Abdr. — *Wersiloff*, Zwei Fälle von Kompression des Rückenmarkes. Sitzb. Mosk. Ges. Neurop. u. Irrenärzte. 30. Jan. 1898. Obosr. psich. (russisch). 1898. — *Winkler*, Secund. neerdalende degeneratie wan den must lateral gelegen bündel in den pes pedunculi cerebri. Weekbl. von het Nederl. Tijschr. voor Geneesk. 1886. 23. — *Worotynski*, Beiträge zur Lehre von den sek. Degenerationen im Rückenmarke. Dissert. Kasan. 1897. — *Zacher*, Beiträge zur Kenntnis des Faserverlaufes im Pes pedunculi etc. Arch. f. Psych. 1891, Bd. XXII, Heft 3. — *Zinn*, Das Rindenfeld des Auges. Münch. med. Wochenschr. 1892. — *Zuckerkandl*, Das Riechbündel. Anat. Anz. 1888.

# Erklärung der farbigen Tafel.

Fig. 1. Querschnittsbild des Rückenmarkes. Die rechte Hälfte entspricht etwa dem oberen Teil der Lendenanschwellung, die linke — dem unteren der Halsanschwellung. *a* vordere Wurzeln; *p′* mediale, *p″* laterale hintere Wurzelfasern; *kl* *Klarke*sche Säule; *s* Randzone.

Rot: 1 *Goll*sche Hinterstränge; 1′ medio-marginales absteigendes Bündel; 2‴ intermediäre Hinterstrangzone oder kommaförmiges Bündel; 2″ vordere, 2′ mittlere, 2 periphere oder dorsolaterale Abteilung des *Burdach*schen Stranges; 3 direkte Kleinhirnseitenstrangbahn; 6 mediales Seitenstrangbündel; 7 Fasciculus antero-lateralis; 15 mediales aufsteigendes Vorderstrangbündel.

Blau: 5′ ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn; 5 gekreuzte Pyramidenseitenstrangbahn; 8 Faserzug aus dem Thalamus, durch die *Forel*sche Kreuzung hindurgehend und vor der Pyramidenbahn herabsteigend; 11 Fasciculus antero-marginalis s. Fasciculus cerebellaris descendens (aus der Gegend des *Deiters*schen Kernes); 13 Faserzug aus der fontänenförmigen Haubenkreuzung, im vorderen Vierhügel entspringend.

Grün: 9 Seitenstranggrundbündel; 10 Vorderstranggrundbündel.

Schwarz gehalten sind die Kontouren der grauen Substanz, die Wurzeln und deren Fortsetzungen im Rückenmarksgrau.

Fig. 2. Querschnittsbild des verlängerten Markes, entspricht rechterseits dem Austritte der oberen Hypoglossuswurzeln, linkerseits dem Austritte des N. glossopharyngeus. *nfg* oberer Teil des Nucleus funiculi gracilis, *nfc* desgleichen des Nucleus funiculi cuneati; *sg* Substantia gelatinosa trigemini; *nla* Seitenstrangkern; *oi* grosse Olive; *ois* Nebenolive; *nci* Nucleus centralis inferior; *V*, *VIII*, *IX*, *X*, *XII* Kerne und Wurzeln der entsprechenden Hirnnervenpaare; *IX* und *X* Fasciculus solitarius oder aufsteigende Wurzel des Vago-glossopharyngeus.

Rot: 1 Fasciculus gracilis; 2 Fasciculus cuneatus; 2‴ Faserzüge aus dem Nucl. funiculi cuneati zum gleichseitigen Corpus restiforme; 3 direkte Kleinhirnbahn im Corpus restiforme; 7 Fasciculus antero-lateralis; 21 lateraler

Teil des äusseren Feldes der Formatio reticularis; 14 Fasern der Olivenzwischenschicht aus den *Goll*schen Kernen; 15 Faserzüge aus dem Nucl. funic. gracilis zum gleichseitigen, und 15′ zum anderseitigen Corpus restiforme; 17 Fasern der *Burdach*schen Kerne zur Olivenzwischenschicht; 18 ebensolche zum Nucleus centralis inferior; 38 Elemente des Corpus restiforme, mit den Seitenstrangkernen zusammenhängend.

Blau: 5 Pyramidenbahn; 8 Seitenstrangfasern aus dem Sehhügel, durch die *Forel*sche Kreuzung hindurchtretend; 39 centrale Haubenbahn.

Grün: 9 Seitenstranggrundbündelfasern in der Formatio reticularis; 9′ Fasern aus der Gegend des *Deiters*schen Kernes; 10 vordere Grundbündelfasern in der Formatio reticularis; 40 Fibrae cerebello-olivares.

Schwarz gehalten sind die Kontouren der grauen Substanz und die Hirnnervenwurzeln.

Fig. 3. Querschnittsbild des Gehirnstammes und kleinen Gehirns in der Höhe der *Varol*ischen Brücke. Rechts — unterer Teil der Brücke in der Gegend des Nervus acusticus; links — mittlerer Teil der Brücke im Niveau des Abducens und Facialis. *v* Vermis superior cerebelli; *nt* Dachkern; *ng* Kugelkern; *cd* Corpus dentatum; *nd* *Deiters*scher Kern; *sg* Substantia gelatinosa n. trigemini; *os* obere Olive; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *ntr* Trapezkern; *np* Brückenganglien; *V* Radix ascendens trigemini; *VI*, *VII*, *VIII* Wurzeln und Kerne der entsprechenden Hirnnerven. Von den Gehörnervenwurzeln ist links nur die vordere, rechts diese (mehr nach aussen) und ein Teil der hinteren (mehr nach innen) dargestellt.

Rot: 2‴ Corpus-restiforme-Fasern aus den Keilstrangkernen; 3 die direkte Kleinhirnbahn im Corpus restiforme; 7 Fasciculus antero-lateralis; 14 Fasern der Hauptschleife aus den *Goll*schen Kernen (Fortsetzung des entsprechenden Teiles der Olivenzwischenschicht, vgl. Fig. 2); 15′ Corpus-restiforme-Fasern aus den *Goll*schen Kernen; 17 Fasern der Hauptschleife aus den *Burdach*schen Kernen (Fortsetzung des entsprechenden Teiles der Olivenzwischenschicht, vgl. Fig. 2); 21 lateraler Teil des äusseren Feldes der Formatio reticularis; 22 Trapezfasern aus dem Nucl. anterior acustici zur gleichseitigen Oberolive; 23 Trapezfasern aus dem Nucl. anterior acustici zu der kontralateralen Oberolive und zu dem in die laterale Schleife übergehenden dorsalen Mark derselben; 37 Bahnen des Kugel- und Pfropfkerns zur Kleinhirnrinde; 38 Elemente des Corpus restiforme, das Kleinhirn mit den Seitenstrangkernen verknüpfend; 41 ebensolche des Corpus dentatum; 43, 46, 49 die einzelnen Bestandteile des vorderen Kleinhirnschenkels; 45 Verbindung des Nucleus vestibularis mit dem Cerebellum; 47 siehe 37; 48 Bahnen des Dachkernes zur Kleinhirnrinde.

Blau: 5 Pyramidenbahn; 8 Faserzug aus dem Sehhügel, in den Seitensträngen des Markes abwärts ziehend; 39 centrale Haubenbahn; 44 cerebrales

Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; 45 Verbindung der oberen Oliven mit den Dachkernen.

Grün: 9 Fortsetzung der Seitenstranggrundbündel; 10 Fasciculus longitudinalis posterior bezw. Fortsetzung des Vorderstranggrundbündels; 24 Faserzüge aus dem Gebiete des *Deiters*schen Kerns; 42 spinales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels.

Schwarz sind die Umrisse der grauen Substanz und die Nervenwurzeln dargestellt.

Fig. 4. Querdurchschnitt der oberen Hälfte der *Varoli*schen Brücke. Die linke Hälfte der Figur entspricht einer proximaleren, die rechte einer distaleren Schnittebene. *os* obere Olive; *ncs* Nucleus centralis superior; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *nl* Nucleus lemnisci lateralis; *np* Brückenganglien; *V*, *V'* Trigeminuswurzeln.

Rot: 7 Fasciculus antero-lateralis; 14 Schleifenfasern aus den *Goll*schen Kernen; 17 Schleifenfasern aus den Keilstrangkernen; 21 lateraler Teil des Aussenfeldes der Formatio reticularis; 23 laterale Schleife; 26 Faserzüge aus der hinteren Vierhügelgegend zum Nucl. reticularis und zur Brücke; 43, 46, 49 die einzelnen Bestandteile des vorderen Kleinhirnschenkels.

Blau: 5 Pyramidenbahn; 8 Faserzug aus dem Sehhügel durch die *Forel*sche Kreuzung zum Seitenstrange abwärts verlaufend; 30 mediale accessorische Schleife (zu den motorischen Gehirnnervenkernen); 32 centrale Haubenbahn; 44 cerebrales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; 54 frontale, 55 temporo-occipitale Endhirnrindenbrückenbahn.

Grün: 9 centrale Fortsetzung des Seitenstranggrundbündels; 10 hinteres Längsbündel (Fortsetzung des Vorderstranggrundbündels); 28 in der Raphe aufsteigende Fasern aus dem Brückengrau zu der Formatio reticularis (Fasciculus verticalis pontis); 42 spinales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; 50 ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels.

Schwarz sind die Umrisse der grauen Substanz und die Gehirnnervenwurzeln dargestellt.

Fig. 5. Querschnittsbild des Hirnstammes im Gebiete der Pedunculi cerebri. Die rechte Hälfte entspricht der Gegend des hinteren, die linke der des vorderen Vierhügels. *cqi* hinterer oder unterer Vierhügel; *cqs* vorderer oder oberer Vierhügel; *nll* Corpus parabigeminum; *ni* Nucleus innominatus; *nr* roter Haubenkern; *sn* Substantia nigra; *cc* Corpus mammillare; *cgi* Corpus geniculatum internum; *n III* Nucleus commissurae posterioris; *III* und *IV* Wurzeln und Kerne der entsprechenden Gehirnnerven.

Rot: 14 Schleifenfasern aus dem *Goll*schen Kern; 14' in den Hirnschenkelfuss übergehende Schleifenfasern (zerstreute accessorische Bündel der Schleifenschicht); 17 Schleifenfasern aus dem *Burdach*schen Kern;

17′ Schleifenfasern zur Gegend des Corpus parabigeminum; 21 vermutliche Fortsetzung des lateralen Teiles vom Aussenfelde der Formatio reticularis; 23 laterale Schleifenfasern zum hinteren Vierhügel; 33 Fasern des Brachium posterius aus dem hinteren Vierhügel der gleichen und z. T. der anderen Seite; 43, 46, 49 vorderer Kleinhirnschenkel vor seinem Eintritt in den roten Kern; 51, 52 Faserzüge aus dem roten Kern zum Thalamus und Nucleus lentiformis; 60 Faserzüge des vorderen Vierhügels zur Endhirnrinde.

Grün: 10 hinteres Längsbündel; 29′ Pedunculus corporis mammillaris; 31 Fasciculus Meynerti s. retroflexus; 32 (unten) *Vicq d'Azyr*sches Bündel. Fasciculus thalamo-mammillaris; 32 (links oben) Fasern aus dem hinteren Vierhügelganglion zum Thalamus; 35 dorsaler Abschnitt der Commissura posterior; 35′ ventraler Abschnitt der Commissura posterior.

Blau: 5 Pyramidenbahn; 8 Faserzüge aus dem Thalamus, durch die *Forel*sche Kreuzung zum Seitenstrange herabsteigend; 30 accessorische Schleife; 39 centrale Haubenbahn; 54 frontale, 55 temporo-occipitale Endhirnrindenbrückenbahn; 62 Faserzüge aus dem Grau des vorderen Vierhügels zur fontänenartigen Kreuzung.

Schwarz sind die Umrisse der grauen Substanz, sowie die Wurzeln des Oculomotorius und Trochlearis gezeichnet.

Fig. 6. Gehirn mit einem Teile des Rückenmarkes im Profilbilde. *cs* Corpus striatum; *th* Thalamus; *gp* Globus pallidus; *npe* Nucleus lateralis, *na* Nucleus anterior thalami; *cge* lateraler, *cgi* medialer Kniehöcker; *sgc* Grau der Ventriculus *III*; *nh* Nucleus habenulae; *cL* Nucleus Luysii s. Corpus subthalamicum; *cc* Corpus mammillare; *ni* Nucleus innominatus; *gi* Ganglion interpedunculare *Gudden*; *sn* Substantia nigra; *nr* Nucleus ruber; *nll* Nucleus lemnisci lateralis s. Corpus parabigeminum; *cqs* oberer, *cqi* unterer Vierhügel; *gpn* Corpus pineale; *ncs* Nucleus centralis superior; *nci* Nucleus centralis inferior; *np* Brückengrau; *nrt* Nucleus reticularis tegmenti; *os* obere Olive; *nl* lateraler Schleifenkern; *nrp* Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius; *oi* grosse Olive; *nD Deiters*scher Kern; *nt* Dachkern; *em* Pfropfkern; *cd* Corpus dentatum; *nla*, *nlp* Seitenstrangkerne, vorderer und hinterer; *nfg* Nucleus funiculi gracilis; *nfc* Nucleus funiculi cuneiformis; *p* hintere, *a* vordere Rückenmarkswurzeln. — Mit römischen Ziffern sind die Kerne von Gehirnnerven bezeichnet.

Rot: 1 zarte Stränge; 2 Keilstränge; 2‴ Fasern der Keilstrangkerne zum Kleinhirn; 3 Kleinhirnseitenstrangbahn; 6 mediales Seitenstrangbündel: 7 Fasciculus antero-lateralis; 14 Schleifenfasern aus den *Goll*schen Kernen; 14′ Faserzüge aus dem Sehhügel zur Endhirnrinde als Fortsetzungen der Schleife; 15 mediale aufsteigende Vorderstrangbahn; 17 Schleifenfasern aus den Keilstrangkernen; 17″ centrale Schleifenbahnen vom Corpus subthalamicum zum Globus pallidus; 17″ Schleifenfasern zum Vierhügel und Corpus parabigeminum; 18 Bahnen der Keilstrangkerne zum Nucleus centralis in-

ferior; 20 Bahnen des Globus pallidus zur Endhirnrinde; 22, 23 Trapezfasern aus dem vorderen Acusticuskern zur oberen Olive und lateralen Schleife (centrale Gehörbahn); 28 Verbindung der Seitenstrangkerne mit dem Kleinhirn; 33 Brachium posterius; 33′ Bahnen des medialen Kniehöckers zur Rinde des Schläfenlappens; 43, 46, 50 die einzelnen Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; 45 Verbindung des Nucl. nervi vestibularis und *Deiters*schen Kerns mit dem Kleinhirn; 47, 48 Verbindungen der centralen Kerne des Kleinhirns mit dessen Rinde; 49, 52 Bahnen aus dem roten Kern zum Linsenkern und Thalamus und ihre Fortsetzungen zur Endhirnrinde; 60 Bahnen aus dem vorderen Vierhügelganglion und dem Corpus geniculatum laterale zur Occipitalrinde; 63 kortikale Bahnen von Gehirnnervenkernen (zerstreute Bündel der Hauptschleife); 64 Schleifenfasern zum Nucleus reticularis; *VIII* und *IX* Wurzeln der entsprechenden Gehirnnerven.

Grün: 9′ Verbindung des *Deiters*schen Kerns mit dem Grundbündel des Seitenstranges; 10 Vorderstranggrundbündel; 10′ hinteres Längsbündel als Fortsetzung von 10; 10″ in die *Meynert*sche Kreuzung eintretende centrale Fasern des aberrierenden Bündels; 15′ Verbindung des Kleinhirns mit dem *Deiters*schen Kern; 19 Faser des Seitenstranggrundbündels, in die Formatio reticularis eintretend; 23 Bahn aus der Gegend des Thalamus zur Formatio reticularis; 24 Faser aus der oberen Olive zum Kern des Abducens; 25 Verbindung der Dachkerne des Kleinhirns mit den Oberoliven; 26 Verbindung des hinteren Vierhügels mit dem Nucleus reticularis; 27 Fasciculus *Meynerti* s. retroflexus; 28 Pedunculus corporis mammillaris; 29 Haubenbündel von *Gudden*; 32 Bahn aus dem hinteren Vierhügelganglion zum Thalamus; 35 hintere Hirnkommissur und Verbindung der Zirbel mit dem Ganglion habenulae; 36 Fasciculus *Vicq d'Azyr* s. thalamo-mammillaris; 37 Verbindung des Thalamus mit dem Linsenkern; 40 Fibra cerebello-olivaris; 41 Verbindung des Corpus dentatum mit der Cerebellumrinde; 42 spinales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels und Fasciculus verticalis pontis; 45 absteigende Faser der medialen Abteilung des hinteren Kleinhirnschenkels zum *Deiters*schen Kern; 49 ventrales Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; 52, 57, 58, 59, 59′ Verbindungsbahnen des Thalamus mit der Endhirnrinde; 64 Faser aus dem Ganglion interpedunculare.

Blau: 5 Pyramidenbahn; 5 (links) ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn; 8 Bündel aus dem Thalamus, die *Forel*sche Kreuzung bildend und zum Seitenstrange des Rückenmarkes abwärtsziehend; 30 mediale accessorische Schleife; 30′ Verbindung der Substantia nigra mit den Endhirnhemisphären; 35 centrale Haubenbahn; 44 cerebrales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; 52 Verbindung des Corpus striatum mit dem Globus pallidus; 54 Faser im medialen Felde der Hirnschenkelbasis (frontale Endhirnrindenbrückenbahn); 55 Fasern im lateralen Felde der Hirnschenkelbasis (temporo-occipitale Endhirnrindenbrückenbahn); 61 Fornix; 65 Fornix

longus. — Die vorderen Rückenmarkswurzeln (*a*) und die Wurzeln des Facialis ebenfalls blau.

Schwarz sind ausser den Umrissen der grauen Substanz dargestellt: 64 Verbindung der Endhirnrinde mit dem Nucleus caudatus und dem Putamen des Linsenkerns; *fsc* Fasciculus subcallosus, und die Associationsbahnen: *f. l. sup.* Fasciculus longitudinalis superior; *f. l. inf.* Fasciculus longitudinalis inferior; *cing.* Cingulum; *f. unc.* Fasciculus uncinatus; *f. vert.* Fasciculus verticalis.

Fig. 7 und 8. Lage der Hirnnervenkerne und intracerebraler Verlauf der Gehirnnerven. Schematisch dargestellt. *rp* Nucleus respiratorius; *oi* untere Olive; *nD* *Deiters*scher Kern; *cqa* vorderer, *cqp* hinterer Vierhügel. — Die römischen Ziffern deuten auf die entsprechenden Gehirnnervenwurzeln, rot sind die sensorischen, blau die motorischen Wurzeln dargestellt, letztere ausserdem durch ein ′ gekennzeichnet.

— —

Fig. 7.

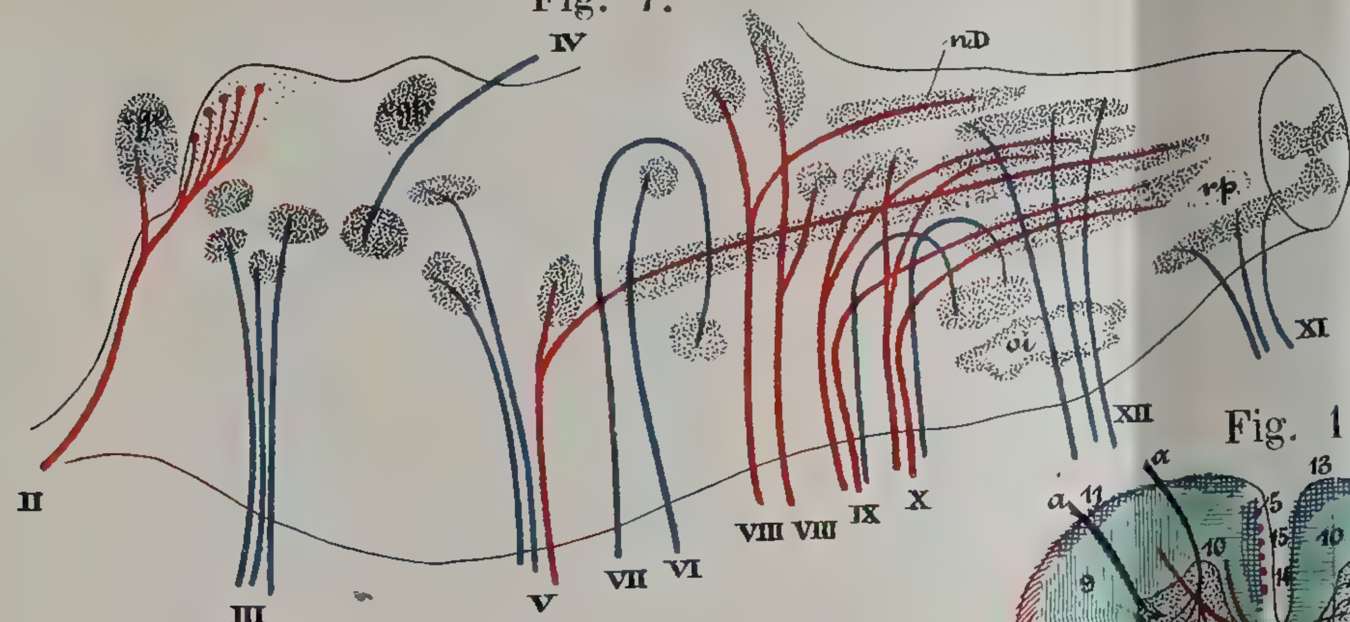



Fig. 1.

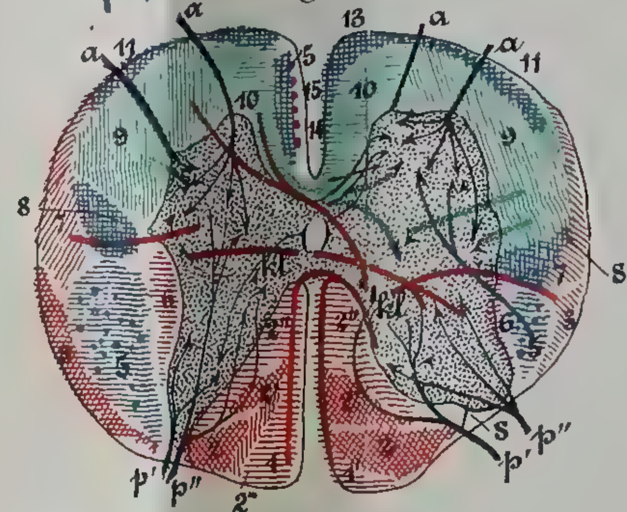


Fig. 8.



Fig. 2.

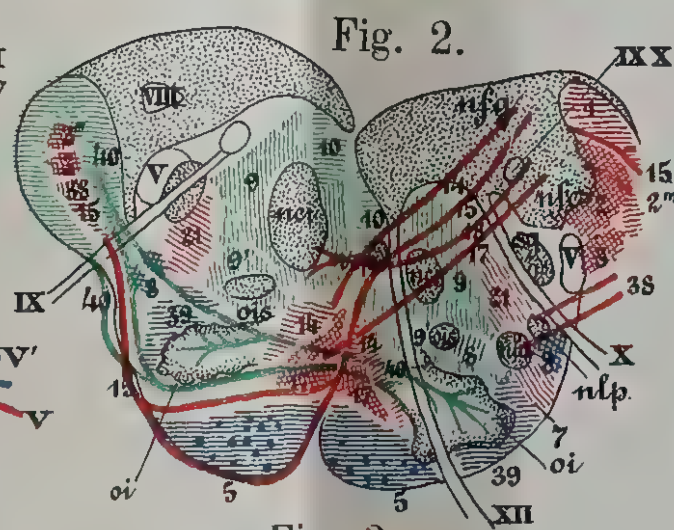



Fig. 3.

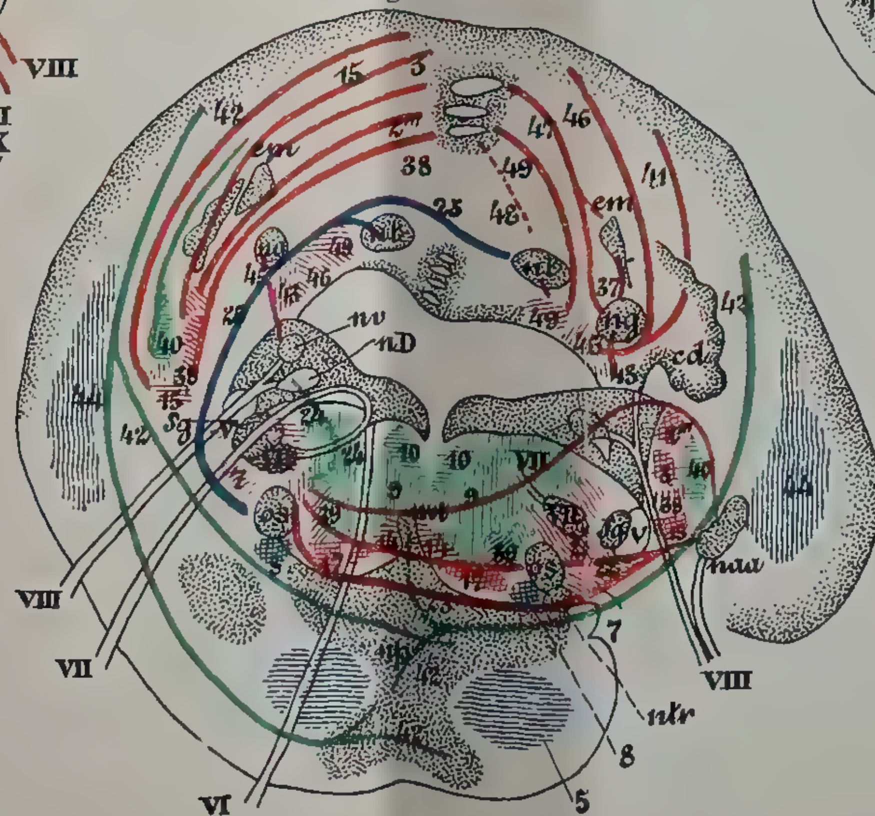



Fig. 6.

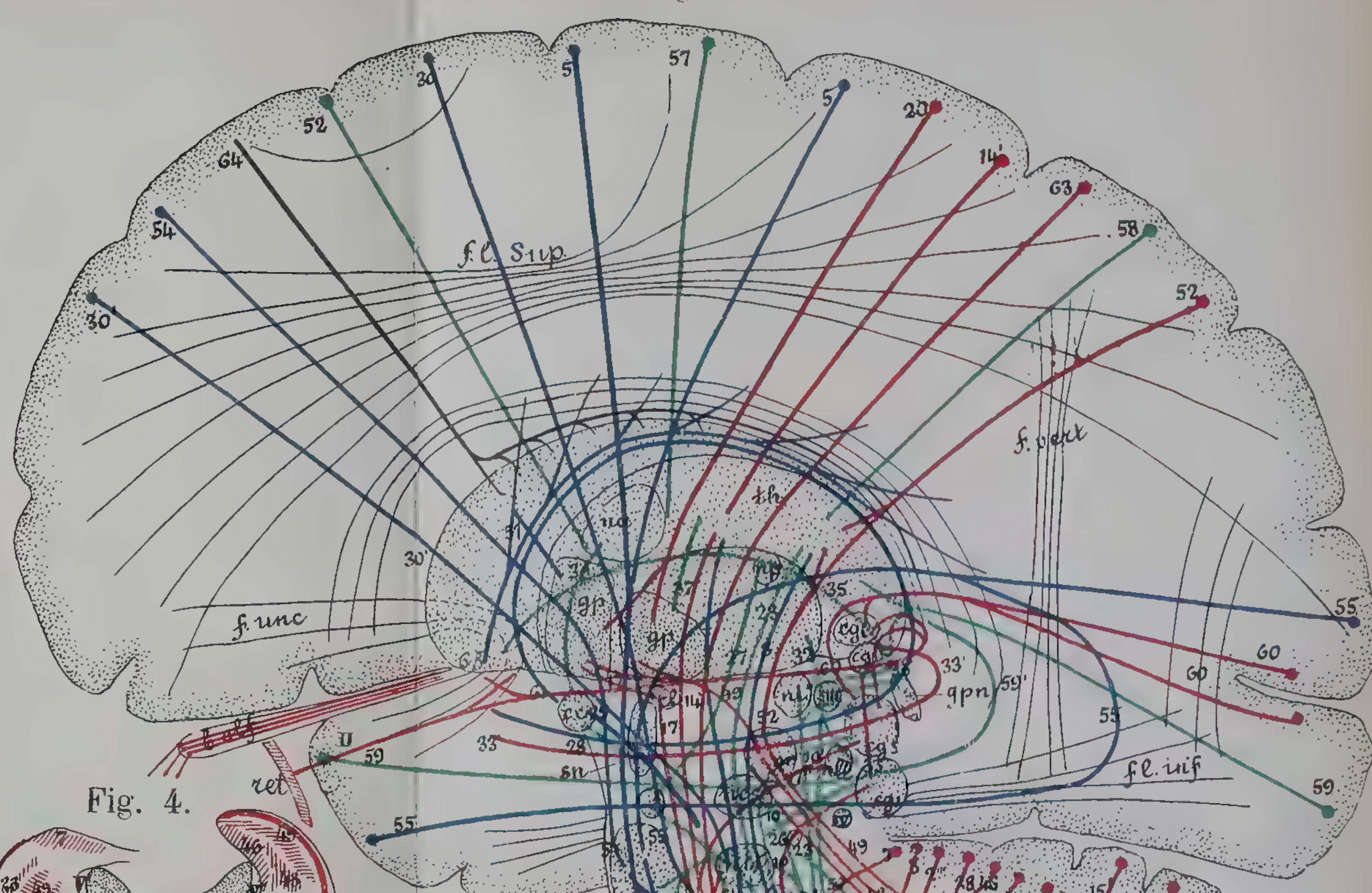



Fig. 4.

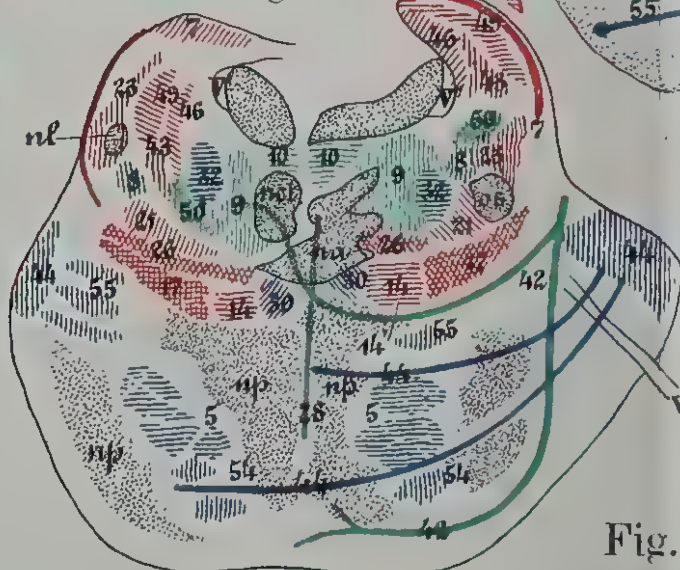
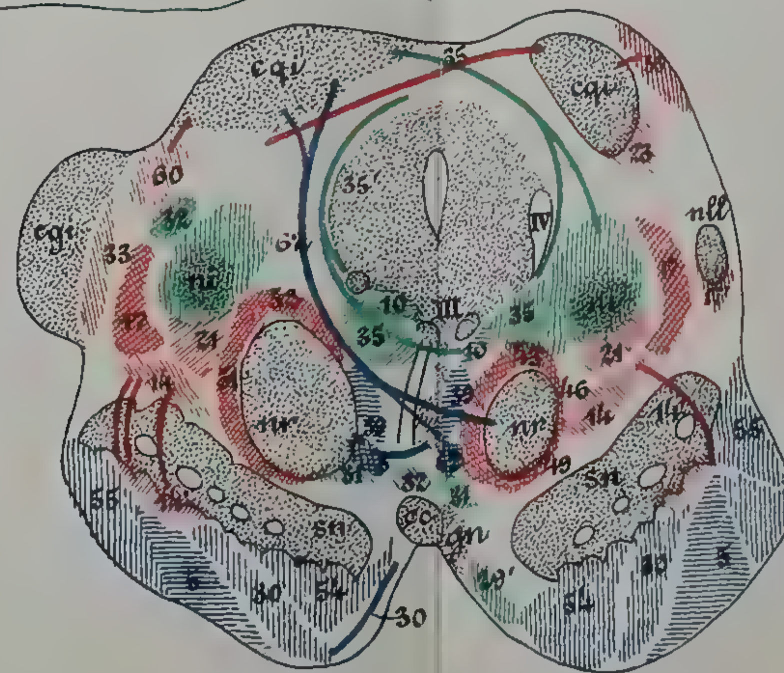
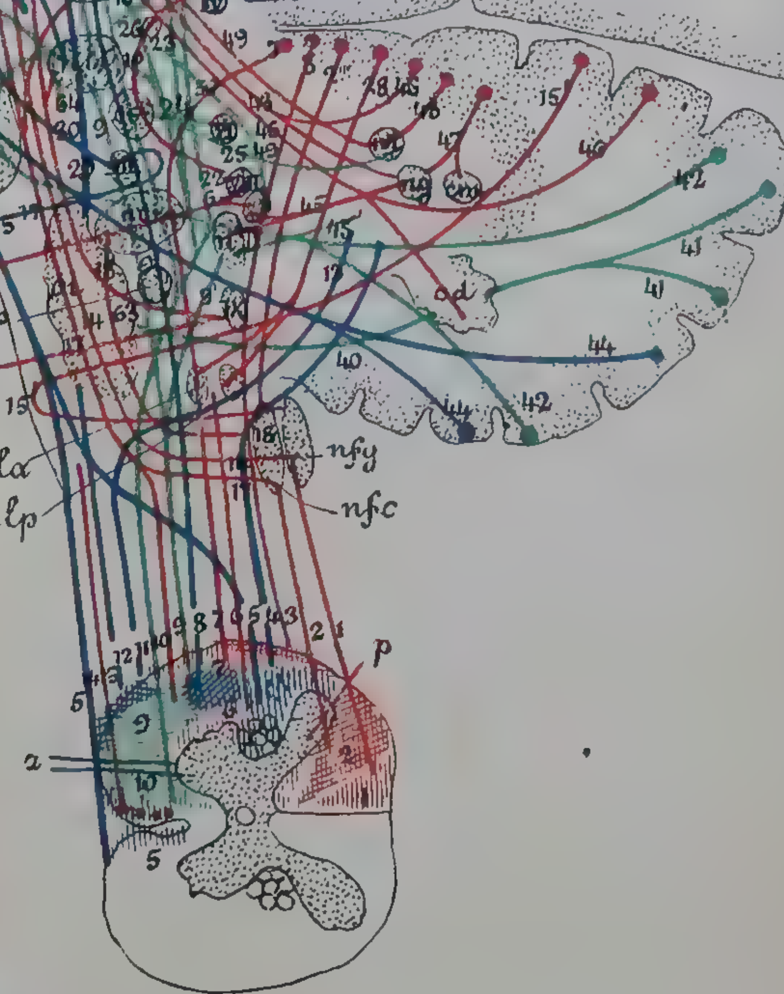



Fig. 5.



# Bibliographische Übersicht.


1) *Adamkiewicz*, Eine Bemerkung zu *Flechsigs* Mitteilung: „Über ein neues Einteilungsprincip der Grosshirnoberfläche". Neurolog. Centralbl. 1895 Bd. XIV. *Flechsigs* Bemerkung, ebenda S. 77.

2) *Ambronn, H.*, und *Held, H.*, Über Entwickelung und Bedeutung des Nervenmarks. Ber. d. math.-physik. Klasse d. k. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Sitzung vom 4. Februar 1895.

3) — Beiträge zur Kenntnis des Nervenmarks. I. Über Entwickelung und Bedeutung des Nervenmarks. 1 Tafel. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1896. H. 3 u. 4. S. 202.

4) — Beiträge zur Kenntnis des Nervenmarks. II. Über Beobachtungen an lebenden und frischen Nervenfasern und die Sichtbarkeit ihrer doppelten Contourirung. 1 Abbildung im Texte. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt. 1896. Heft 3 u. 4. S. 214.

5) *Anton*, Zur Balkendegeneration im menschlichen Gehirn. Jahrb. f. Psychiatrie. 1895. Bd. XIV.

6) — Die Bedeutung des Balkenmangels für das Grosshirn. Wien. klin. Wochenschr. 1896. Bd. IX. Nr. 45.

7) *Arndt*, Zur Pathologie des Kleinhirns. Arch. f. Psych. Bd. XXVI.

8) *Arnoldi*, Due cosi di atrofia porzeale del cervelletto. Dal Labaratorio anat. path. dell inst. Psichiatrica di Reggio. 1895.

9) *Auerbach*, Morpholog. Jahrbücher 1888. S. 373.

10) — Anatom. Anz. 1890. Bd. VI.

11) — Beitrag zur Kenntnis der ascendierenden Degeneration des Rückenmarkes etc. Virchows Archiv 1891. Bd. CXXIV. Heft 1.

12) — Virchows Archiv 1891. Bd. CXXIV. Heft 1. S. 149.

13) *Azonlay*, La corne d'Ammon chez l'homme. Soc. Anat. 1894.

14) *Baginski, B.*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Nervus-acusticus des Kaninchen. Sitzb. Preuss. Akad. Wiss. 25. Febr. 1886.

15) — Neurol. Centralbl. 1889. Bd. VIII.

16) — Virchows Archiv 1890. Bd. CXIX.

17) *Barbacci*, Die sekundären Systeme aufsteigender Degeneration des Rückenmarkes. Centralbl. f. allg. Pathol. u. path. Anat. Mai 1891.

18) *Barth*, Inaug.-Dissertation. Leipzig 1869.

19) — Über sekundäre Degeneration des Rückenmarks. Arch. d. Heilk. 1869. Bd. X.

20) *Basilewski*, Inaug.-Dissertation. St. Petersburg 1896.

21) *Bechterew*, Über die Funktionen der Bogengänge des häutigen Labyrinthes. Medic. Bibl. (russisch) Dezbr. 1882. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXX.

22) *Bechterew*, Zur Physiologie des Körpergleichgewichtes. Über die Funktionen des centralen Grau am 3. Hirnventrikel. Wojennomedic. sborn. (russisch) 1883. Pflügers Archiv 1883.

23) — Über die Lokalisation des Haut- und Muskelgefühles auf der Hirnoberfläche. Wratsch (russisch) 1883. Nr. 30. Neurolog. Centralbl. 1883. Nr. 18.

24) — Experim. Untersuchungen über die Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma. Jeshened. klin. gas. (russisch) 1883 und Neurolog. Centralbl. 1883. Nr. 3.

25) — Experim. Ergebnisse über den Verlauf der Sehnervenfasern. Neurolog. Centralbl. 1883.

26) — Über Ausdrucksbewegungen. Wratsch (russisch) 1883.

27) — Über den Zusammenhang d. sog. peripheren Organe d. Gleichgewichtes mit dem Kleinhirn. Versuche über Durchschneidung der Kleinhirnschenkel. Russk. medic. (russisch) 1884 und Pflügers Archiv. Bd. XXXIV.

28) — Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes auf Grund der Untersuchung ihrer Entwickelung. Neurolog. Centralbl. 1885. No. 2, auch Wratsch (russisch) 1884. Nr. 51.

29) — Über zwei Faserbestandteile des mittleren Kleinhirnschenkels. Wratsch (russisch) 1885. Nr. 9.

30) — Zur Anatomie der Schenkel des Kleinhirns, insbesondere der Brückenarme. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 6.

31) — Über zwei Bündel in der medialen Abteilung des hinteren Kleinhirnschenkels und über die Faserentwickelung des Gehörnerven. Wratsch (russisch) 1885. Nr. 25.

32) — Über die innere Abteilung des Strickkörpers und den achten Hirnnerven. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 7.

33) — Über eine bisher unbekannte Verbindung der grossen Oliven mit dem Grosshirn. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 9.

34) — Über die Schleifenschicht bei fötalen menschlichen Gehirnen. Ber. d. math.-phys. Klasse d. k. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1885.

35) — Über die Fasern der grauen Substanz des Rückenmarkes. Sitzb. d. psych. Ges. St. Petersburg (russisch) 1885.

36) — Über die Faserzüge des vorderen Kleinhirnschenkels. Sitzb. d. psych. Ges. St. Petersburg (russisch) 1885.

37) — Über die Bestandteile der sog. Seitenstrangreste des Rückenmarkes. Wratsch (russisch) 1885. Nr. 29.

38) — Über die Längsfaserzüge der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 15 und Wratsch (russisch) 1886. Nr. 6.

39) — Über die Verbindungen der oberen Oliven und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung. Wratsch (russisch) 1885. Nr. 32. Ref. in Neurolog. Centralbl. 1885.

40) — Zur Frage über die sekundären Degenerationen d. Hirnschenkelfaserung. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1885 H. 1.

41) — Ein neuer Fall von Faserdegeneration im lateralen Teile des Hirnschenkelfusses (des sog. Türckschen Bündels). Russk. Medic. 1885. Nr. 33.

42) — Die Funktionen der Thalami optici. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1885. H. 1.

43) — Über Zwangsbewegungen bei Beschädigungen der Hirnrinde. Russk. Med. (russisch) 1885. Nr. 1 und 3. Virchows Archiv. September 1885. Bd. CI.

44) — Über ein besonderes Bündel im Seitenstrange des Rückenmarkes. Neurolog. Centralbl. 1885.

45) *Bechterew,* Über einen besonderen Bestandteil der Seitenstränge des Rückenmarkes und über den Ursprung der grossen aufsteigenden Trigeminuswurzel. Wratsch (russisch) 1885. Nr. 26. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt. 1886.

46) — Über die Bestandteile des Strickkörpers. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1886. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt. 1886.

47) — Über die Erregbarkeit der motorischen Rindencentren bei neugeborenen Hunden. Wratsch (russisch) 1886. Nr. 34 und Arch. slaves de Biologie 1886.

48) — Rétrécissement réflexe de la pupille par la lumière. Arch. slaves de Biol. 15 Mars 1886.

49) — Über die Degeneration des Hirnschenkels etc. Arch. f. Psych. 1887.

50) — Über die Prüfung der Erregbarkeit der Rückenmarksstränge neugeborener Tiere. Wratsch (russisch) 1887. Nr. 22 und Neurolog. Centralbl. 1888. Nr. 6.

51) — Physiologie der motorischen Zone der Grosshirnrinde. Charkow 1887 (russisch). S. auch Arch. f. Psych. 1886 und 1887.

52) — Zur Frage über den Ursprung der Hörnerven und über die physiologische Bedeutung des N. vestibularis. Neurolog. Centralbl. 1887.

53) — Über die centralen Endigungen des Vagus und über die Zusammensetzung des sog. Fasciculus solitarius des verlängerten Markes. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1887. Bd. I.

54) — Über die centralen Endigungen des N. trigeminus. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1887.

55) — Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes. Medic. obosr. (russisch) 1887. Nr. 17.

56) — Über die hinteren Wurzeln, ihre Endstätten im Rückenmarksgrau und ihre centrale Fortsetzung. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1887 und Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt. 1887.

57) — Archiv f. Psychiatrie Bd. XIX.

58) — Über die Trigeminuswurzeln. Neurolog. Centralbl. 1887.

59) — Le cerveau de l'homme dans ses rapports et ses connexions intimes. Arch. slaves de Biologie. Paris 1887.

60) — Die Hirnhemisphären. Grundzüge der mikroskopischen Anatomie der Tiere und des Menschen. Herausg. von Lawdowski und Owsjannikoff. Russisch. St. Petersburg 1888. Bd. II.

61) — Über die centralen Endigungen des Vagus und über die Zusammensetzung des sog. Fasciculus solitarius des verlängerten Markes. Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1888. Bd. V. H. 2. S. 13 ff.

62) — Über die Fortleitung des Lichtreizes von der Netzhaut auf den N. oculomotorius. Arch. psich., neurol. i szud. psichop. (russisch) 1889.

63) — Über die Erregbarkeit verschiedener Teile des Gehirns neugeborener Tiere. Wratsch (russisch) 1889. Nr. 15 und Neurolog. Centralbl. 1889. Nr. 18.

64) — Medicinskoje Obosrenije (russisch) 1890. NN. 13 und 14.

65) — Über die Erscheinungen nach Zerstörung verschiedener Teile des Nervensystemes neugeborener Tiere und über die Entwickelung der Gehirnfunktionen bei denselben. Medic. Obosr. (russisch) 1890. Nr. 4 und Neurolog. Centralbl. 1890. Nr. 21.

66) — Zur Frage über die Funktionen des Kleinhirns. Neurolog. Centralblatt 1890.

67) — Über die relative Entwickelung und die Lageverschiedenheiten der Pyramidenbahnen bei dem Menschen und den Tieren und über den Gehalt früh ummarkter Fasern in diesen Bahnen. Medic. Obosr. (russisch) 1890 und Neurolog. Centralbl. 1890. Nr. 24 und 1891. S. 107.

68) *Bechterew*, Zur Frage über die äusseren Associationsbahnen der Gehirnrinde. Medic. Obosr. (russisch) 1891. Nr. 12 und Neurolog. Centralbl. 1891. Nr. 22.

69) — Über die Striae medullares s. acusticae des verlängerten Markes. Medic. Obosr. (russisch) 1892 und Neurolog. Centralbl. 1892.

70) — Zur Frage über die Striae medullares. Neurolog. Centralbl. 1892.

71) — Über den Olivenstrang des Halsmarkes. Newrolog. Westn. (russisch) 1894 und Neurolog. Centralbl. 1894. Nr. 12.

72) — Über die pupillenverengenden Fasern. Neurolog. Centralbl. 1894.

73) — Neurolog. Centralbl. 1895.

74) — Newrolog. Westnik (russisch) 1895. Bd. III. Heft 3.

75) — Über ein besonderes, intermediäres, in den Pyramidenseitenstrangbahnen befindliches Fasersystem. Neurolog. Centralbl. 1895. Bd. XIV. Nr. 21. S. 929.

76) — Die Kombination der entwickelungsgeschichtlichen und Degenerationsmethode mit der Vivisektion und ihre Bedeutung für die experimentelle Physiologie des Nervensystems. Newrolog. Westn. (russisch) 1895. H. 1.

77) — Die Bedeutung der Gleichgewichtsorgane für die Entwickelung der Raumvorstellungen. 8⁰. 52 S. Petersburg. Rikker. 1896.

78) — Obosrenije psichiatrii (russisch) 1896. Nr. 1 und 2.

79) — Obosrenije psichiatrii (russisch) 1896. Nr. 8 und Archiv f. Psychiatrie 1897.

80) — Über ein besonderes mediales Bündel im Seitenstrange des Rückenmarkes. Obosrenije psich. (russisch) 1897 und Neurolog. Centralbl. 1897. Nr. 15.

81) — Über die Kerne der mit den Augenbewegungen in Beziehung stehenden Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1897 und Obosr. psich. (russisch) 1896.

82) — Über die Kreuzung der Sehnervenfasern. Obosr. psich. (russisch) 1897.

83) — Über centrifugale, aus der Seh- und Vierhügelgegend ausgehende Rückenmarksbahnen. Obosr. psich. (russisch) 1897 und Neurolog. Centralbl. 1897. Nr. 23.

84) — Über einen besonderen Kern der Formatio reticularis etc. Newrolog. Westn. (russisch) 1898.

85) — und *P. Rosenbach*, Zur Physiologie der Intervertebralganglien. Über Veränderungen des Rückenmarkes nach Durchschneidung von Nervenwurzeln. Westn. klin. i szud. psich. i newropatol. 1884. H. 1 und Neurolog. Centralbl. 1884.

86) *Beck, W.*, Über den Austritt des N. hypoglossus und N. cervicalis primus aus dem Centralorgan etc. Anat. Hefte 1895. Bd. VI. Heft 2.

87) *Beevor, C.*, On prof. *Hamiltons* theory concerning the corpus callosum. Brain 1885 und 1886.

88) — On the course of the fibres of the cingulum. Philos. Transact. R. Soc. 1891.

89) — and *Horsley*, The arrangement of the excitable fibres of the internal capsule. Philos. Transact. 1890. Bd. CLXXXI.

90) *Bellonci*, Sulla terminazione centrale del nervo ottico nei mammiferi. Mem. d. R. Acc. d. Sc. di Bologna 1885.

91) — Zeitschr. f. wiss. Zool. 1887. Bd. XLVII.

92) — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXIV. H. 1. S. 25.

93) *Below*, Über die Ganglienzellen des Gehirns bei neugeborenen Tieren. Arch. f. Anat. und Physiol. 1890.

94) *Benett* and *Savill*, A case of permanent conjugate Deviation. Brain Bd. XII.

95) *Berdez*, Revue méd. de la Suisse. Rom 1892.

96) — Recherches expérim. sur le trajet des fibres centripètes de la moelle épinière. Revue méd. de la Suisse. Rom. 1892.

97) *Bergmann*, Untersuchungen an einem atrophischen Cerebellum. Zeitschr. f. ration. Medicin. III R. Bd. II.

98) *Berkley*, *H.*, The finer anatomy of the infundibular region. Brain Bd. XVII.

99) *Bernheimer*, Über die Sehnervenwurzeln des Menschen. Ursprung, Entwickelung und Verlauf ihrer Markfasern. Wiesbaden 1891.

100) — Das Wurzelgebiet des Oculomotorius beim Menschen. Wiesbaden 1894.

101) — Die Sehnervenkreuzung beim Menschen. Wien. klin. Wochenschr. 1896. Bd. IX. Nr. 34.

102) — Zur Kenntnis der Lokalisation im Kerngebiete des Oculomotorius. Wien. klin. Wochenschr. 1896. Bd. IX. Nr. 5.

103) *Bettoni, A.*, Quelques observations sur l'anatomie de la moelle allongée, du pont et des pedoncules cérébraux. Arch. ital. de Biol. 1895. Bd. XXIII. Fasc. 3.

104) *Betz*, Anatomischer Nachweis zweier Gehirncentra. Med. Centralbl. 1874.

105) *Bianchi*, *L.*, Sulle degenerazioni discendenti endoemisferiche, seguite all'estirpazione dei lobi frontali. Annali di neurol. 1895. Bd. XIII. H. 3 u. 4.

106) — und *d'Abundo*, Die ins Gehirn und Rückenmark herabsteigenden experim. Degenerationen etc. Neurolog. Centralbl. 1886. Nr. 17.

107) — La psychiatria. 1886.

108) — *Biedl*, Neurolog. Centralbl. 1895. Nr. 10—11.

109) — Über die spinale, sog. aufsteigende Trigeminuswurzel. Wien. klin. Wochenschr. 1895. Jahrg. VIII. Nr. 33. S. 585 ff.

110) — Absteigende Kleinhirnbahnen. Neurolog. Centralbl. 1895.

111) *Bielschowsky*, *M.*, Obere Schleife und Hirnrinde. Neurolog. Centralbl. 1895. Bd. XIV. S. 205.

112) *Binswanger* und *Moeli*, Zur Frage der sekundären Degenerationen. Neurolog. Centralbl. 1883. Nr. 1.

113) *Birchhoff*, Über Atrophie und Sklerose des Kleinhirns. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. Bd. XII.

114) *Bischoff*, Kompressionsmyelitis des oberen Brustmarkes. Wien. klin. Wochenschr. 1896. Nr. 37. S. 828.

115) *Bizzozero*, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Zirbeldrüse. Medic. Centralbl. 1871.

116) *Bleuler*, Deutsches Archiv f. klinische Medizin. 1885.

117) *Blum*, *S.*, Über absteigende sekundäre Degeneration in den Hintersträngen des Rückenmarkes. Sep.-Abdr.

118) — Inaug.-Dissertation. Strassburg 1895.

119) *Blumenau*, Neurolog. Centralbl. 1890. Nr. 19.

120) — Archiv f. Anat. u. Physiol. 1890.

121) — Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1891. Bd. VIII. H. 2.

122) — Über den äusseren Kern des Keilstranges im verlängerten Mark. Neurolog. Centralbl. 1891. Nr. 8.

123) — Einige Bemerkungen über den äusseren Kern des Keilstranges. Neurolog. Centralbl. 1891. Nr. 19.

124) — Zur Entwickelungsgeschichte und feineren Anatomie des Balkens. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXVII.

125) — Des noyaux du cordon postérieur et la substance de Rolando dans le bulbe. Neurolog. Centralbl. 1896. Bd. XV. Nr. 24. S. 1129.

126) *Bogatschoff*, Inaug.-Dissertation (russisch). St. Petersburg 1894.

127) *Bogroff*, Jushno-russk. med. gas. 1892. Nr. 3.

128) *Boedeker*, *J.*, Anatomischer Befund bei einem Fall von chronischer nuc-

leärer Augenmuskellähmung. Beitrag zur Kenntnis von der Lage des Trochlearis-kerns. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1896. Bd. XXVIII. H. 1.

129) *Boettiger*, Inaug.-Dissert. 1889. Arch. f. Psych. u. Nervenkrankh. 1889. Bd. XXII.

130) — Beitr. z. Lehre von der chron. progress. Augenmuskellähmung. Arch. f. Psych. Bd. XXI.

131) *Boice*, Neurolog. Centralbl. 1894. Nr. 13.

132) *Borgherini*, Degenerazione fascicolata discendente. Riv. sperim. di fren. 1886.

133) *Bottazzi, F.*, Sull'emisezione del midollo spinale. Rivista critica e contributo sperimentale. 1 tav. Riv. sperim. di freniatria e di med. leg. 1896. Bd. XXI. H. 4. Arch. ital. de Biol. 1896. Bd. XXIV. H. 3.

134) *Bouchard*, Des dégénérations sécondaires de la moelle épinière. Archives générales de médecine. 1866. Bd. V. H. 1—2.

135) *Brandis*, Untersuchungen über das Gehirn der Vögel. Arch. f. mikroskopische Anatomie. Bd. XLI, S. 168.

136) *Brasset*, Contribution à l'étude des connexions du cervelet. Paris 1891.

137) *Bräutigam*, Vergl. Untersuchungen über den Conus medullaris. Arb. a. d. Inst. f. Anat. u. Phys. d. Centralnerv. Bd. I. Wien 1892.

138) *Bregmann*, Über experimentelle aufsteigende Degeneration motorischer und sensibler Hirnnerven. Jahrbüch. f. Psych. 1892. Bd. XI. S. 73.

139) *Brero, P. van*, La terminaison corticale du faisceau latéral pedonculaire (faisceau du Turck). Nouvelle iconographie de la Salpétriere. 1896.

140) *Brissaud*, Nouv. Icon. d. l. Salp. 1894.

141) — Sur la contracture permanente des hémiplégiques. Thèse de Paris 1880.

142) *Broca*, Anatomie comparée d. circonvol. cérébr. Revue d. Anthrop. 1878 und 1879.

143) *Brosset*, Contr. à l'étude des connexions du cervelet. Thèse de Lyon. 1890.

144) *Brown-Sequard*, Vorlesungen über Physiologie u. Pathol. des Centralnervensystemes, gehalten im Royal College of surgeons of England.

145) — Nouvelles recherches sur le trajet des diverses espèces de conducteur d'impressions sensitives dans la moelle épinière. Arch. de Phys. 1868.

146) *Bruce, A.*, Descending degeneration of the Commissur. Brain. 1891.

147) — Proc. of the R. Soc. of Edinburgh 1891 und *Edingers* Bericht pro 1891.

148) — Illustrations of the brain. Edinburgh and London. 1892.

149) — Brain. Winter 1893.

150) — On the flocculus. Brain. 1895.

151) — D'un faisceau spécial de la zone latérale de la moelle épinière. Revue Neurol. 1896. Bd. IV. Nr. 23. S. 698.

152) *Bruce, A.* and *Nuir, R.*, On a descending degeneration in the posterior columns in the lumbo-sacral region of the spinal cord. Brain 1896. Bd. XIX. S. 333.

153) *Bruns*, Arch. f. Psych. 1893. Bd. 25. H. 3.

154) *Bumm*, Neurol. Centr. 1888.

155) — Exper. Unters. über das Corpus trapezoides. Festschr. zur 150 jähr. Stiftungsfeier der Universität Erlangen. Wiesbaden 1893.

156) — Zeitschr. f. Psych. Bd. XLV.

157) *Bunge*, Über Gesichtsfeld und Faserverlauf im optischen Leitungsapparat. Halle 1884.

158) *Burdach*, Vom Bau und Leben des Gehirns. Leipzig 1822.

159) *Campbell, Alfred W.*, The changes in the spinal cord following amputations. Brit. Med. Journ. March. 1896. Bd. XIV. S. 643.

160) *Carbonieri*, Contributo clin. alla soc. del centro olfattivo. Riv. cl. di Bologna. 1885.

161) *Carrière*, Structure et fonction du corps pituitaire. Arch. clin. de Bordeaux. 1893.

162) *Cassirer* und *Schiff*, Beiträge zur Pathologie der chronischen Bulbärerkrankungen. Arbeiten aus dem Institut f. Anatomie und Physiologie des Centralnervensystems an der Wiener Universität, v. H. Obersteiner. 1896. H. V. S. 54 ff.

163) *Ceni, Carlo*, Contributo allo studio della degenerazione ascendente dei cordoni posteriori e delle fibre arciformi del midollo allungato nell' uomo. Rif. med. XI. 109 p. 400. Maggio 1895.

164) — Sulle alterezioni istologiche del cervelletto etc. Societa medico-chirurgico di Pavia. 1895.

165) *Charcot*, Leçons sur les maladies du syst. nerv. 1874.

166) — Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau, rec. par Bourneville. Paris 1876.

167) — et *Turner*, Atrophie cérébrale avec atrophie et dégéneration etc. Soc. de Biol. 1852.

168) *Charpy*, Traité d'anatomie humaine du syst. nerveux. 1894.

169) *Chiarugi*, *Giuilio*, Rudimento di un nervo intercalato tra l'acustico-faciale ed il glossofaringeo in embrioni di mammiferi. Monitoro zoologico italiano. 1896. Bd. VII. H. 3. S. 52.

170) *Ciaglinski*, *Adam*, Lange sensible Bahnen in der grauen Substanz des Rückenmarks u. ihre experimentelle Degeneration. Pathol.-anatom. Inst. von *Brodowski* in Warschau. 3 Fig. Neurol. Centr.-Bl. 1896. Bd. XV. H. 17. S. 773.

171) — Gazeta lekarska (polnisch). 1896. Nr. 10.

172) *Cionini*, Sulla struttura della glandula pineale. Riv. Sper. di Freniat. 1887. Bd. XII.

173) *Colleja*, *C.*, La region olfatoria del cerebro. Madrid 1893.

174) *Cramer*, Beiträge zur patholog. Anatomie und zur allg. Pathol. 1891. Bd. XI. H. 1.

175) — Einseitige Kleinhirnatrophie mit leichter Atrophie der gekreuzten Grosshirnhemisphäre u. s. w. Beiträge zur Path. Anat. und allg. Path. 1891. Bd. XI.

176) — Zieglers Beiträge. 1892, Psych. Gesellsch. zu Berlin. 1891.

177) *Cunaldi*, Contrib. all'anatomia fina della regione pedunculare. Riv. sperim. di fren. Bd. XVIII.

178) *Dana*, The central tracts of olfactory nerfs and their diseases. New-York med. Jurn. 1889.

179) *Darkschewitsch*, *L.*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf des N. accessorius Willisii. Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 1884. S. 361—378.

180) — Über die Kreuzung der Sehnerven. Graefes Arch. Bd. XXXVII.

181) — Arch. f. Anat. u. Phys. 1885. H. 5 u. 6. Neurol. Centr. 1885. Bd. IV.

182) — Zur Anatomie d. Corp. quadrig. Neurol. Centralbl. 1885. S. 251.

183) — Über die hintere Commissur des Gehirnes. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 5.

184) — Einige Bemerkungen über den Faserverlauf in der hinteren Commissur des Gehirnes. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 5.

185) *Darkschewitsch L.*, Zur Anatomie d. Glandula pinealis. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 2.

186) — Über d. sogen. primären Opticuscentren und ihre Beziehung zur Grosshirnrinde. Arch. f. Anatomie und Phys. 1886.

187) — Anatomie d. Glandula pinealis. Neur. Centralbl. 1886.

188) — Über die Pupillarfasern des Tractus opticus. Neurol. Centralbl. 1887.

189) — Über den oberen Oculomotoriuskern. Arch. f. Anat. und Physiol. Anat. Abt. 1889.

190) — Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt. 1889.

191) — Über die Kreuzung von Sehnervenfasern. Arch. f. Ophthalmol. 1891. Bd. XXXVII. H. 1.

192) — Über die Veränderungen in dem centralen Abschnitt eines motorischen Nerven bei Verletzung des peripheren Abschnittes. Neurolog. Centralbl. 1892. Nr. 21. S. 658.

193) — Wratschebnija sapisski (russisch). 1895. Nr. 5.

194) — Zur Frage von den sekundären Veränderungen der weissen Substanz des Rückenmarkes bei Erkrankung der Cauda equina. 14 Abbild. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. H. 1. S. 5.

195) — und *Freud*, Über die Beziehungen des Strickkörpers zum Hinterstrangskern neben Bemerkungen über zwei Felder der Oblongata. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 6.

196) — und *Pribytnoff*, Neurol. Centralbl. Orig.-Mitt. 1891. Nr. 14.

197) *Daxenberger*, Über einen Fall von chronischer Kompression des Halsmarkes mit besonderer Berücksichtigung der sekundären absteigenden Degeneration. Deut. Zeitschr. f. Nervenh. 1893. Bd. IV.

198) *Dees*, Über den Ursprung und den centralen Verlauf d. N. accessorius Willisii. Allg. Zeitschr. f. Psych. 1887. Bd. XLIII. H. 4.

199) — Arch. f. Psych. u. Nervenkrankh. 1888. Bd. XX.

200) — Zur Anatomie und Physiologie des Nervus vagus. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1889. Bd. XX. S. 89 ff.

201) *Deiters O.*, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Braunschweig 1865.

202) *Dejerine, I.*, Arch. de Phys. 1890.

203) — Contrib. à l'étude de la dégénérescence des fibres du corps calleux. Soc. d. Biol. 1892.

204) — Sur l'origine corticale et le trajet intracérébral des fibres de l'étage inf. etc. Extraits des mémoires de la société de biologie. Séance du 30 Dec. 1893.

205) — Anatomie des centres nerveux. Paris 1895.

206) — Sur les connexions du noyau rouge avec la corticalité cérébrale. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1895. 10. S. II. 12. p. 226.

207) — Sur les connexions du ruban de Reil. Soc. de Biol. 1895.

208) — et m-me *Déjerine-Klumpke*, Anatomie des centres nerveux. Paris 1895. Rueff et Co. T. prem. avec 401 Fig. dans le texte dont 45 en couleurs.

209) — et *Sottas*, Neurol. Centralbl. 1895. Nr. 8.

210) — et *Spiller, W. G.*, Contribution à l'étude de la texture des cordons postérieurs de la moelle épinière. Du trajet intramédullaire des racines postérieures sacrées et lombaires inférieures. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 10. S. II. 27. 1895.

211) — et *Thomas*, Sur les fibres pyramid. etc. Soc. de Biol. 14 Mars 1896.

212) — — Sur les fibres pyramidales homolaterales etc. Arch. de phys. norm. et pathol. Série V. Bd. VIII. Nr. 2. Avril 1896. S. 277.

213) — — Contribution à l'étude du trajet intramédullaire des racines

postérieures dans la région cervicale et dorsale supérieure de la moelle épinière. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1896. 10. S. III. 23. p. 675.

214) *Delbrück*, Neurol. Centr. 1890. S. 206.

215) *Deyler*, État actual de la question de l'amoeboidisme. Steinheil. Paris 1898.

216) *Dogiel, A. S.*, Ein besonderer Typus von Nervenzellen in der mittleren gangliösen Schicht der Vogelretina. Vorläuf. Mitteil. Anatom. Anzeiger 1895. Bd. X. H. 23. S. 750.

217) *Dufour*, Arch. de neurol. 1896. Nr. 8.

218) — Quelques considérations sur le grouppement des fibres endogènes dans les cordons postérieurs de la moelle, à propos d'un cas de compression des nerfs de la queue de cheval. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 10. S. III. 15. p. 449.

219) *Durante, Gustave*, Des dégénérescences sécondaires du système nerveux. Dégénérescence Wallérienne et dégénérescence rétrograde. Paris 1895. Société d'éditions scientifiques. 255 p.

220) — Bull. Soc. Anatom. de Paris. Decembre 1894.

221) *Duval*, Recherches sur l'origine réelle des nerfs crâniens. Journal de l'anatomie et de la physiologie 1876—1877.

222) — Rech. etc. Journ. de l'Anat. 1878, 1879.

223) — Journal de l'anatomie et de la physiologie 1880. p. 306.

224) — L'amoeboidisme du système nerveux. Revue scientifique. 12 Mars 1898.

225) *Duval* et *Laborde*, De l'innervation des mouvements associés des globes oculaires. Journal de l'anatomie et de la physiologie 1880. p. 56.

226) — *Djeloff, E.*, Über die Kerne und Wurzeln des Hypoglossus. Dissert. St. Petersburg 1896.

227) *Ebstein*, Grosses Osteom der linken Kleinhirnhemisph. Virchows Arch. 1849.

228) *Edinger*, Arch. f. Psych. 1885. Bd. XVI. H. 3. S. 858.

229) — Zur Kenntnis des Verlaufes der Hinterstrangfasern in der Medulla oblongata und im unteren Kleinhirnschenkel. Neurol. Centralbl. 1885. Nr. 4.

230) — Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig 1896.

231) — Neurol. Centralbl. 1885. S. 73.

232) — Verl. der central. Hirnnervenbahnen. Ber. d. X. Versammlung südwestdeutscher Neurologen. Arch. f. Psych. 1885. Bd. XVI.

233) — Bericht d. Vers. südwestdeutscher Neurol. u. Irrenärzte in Baden 1886.

234) — Über d. Bedeutung d. Corp. striatum. Verhandl. d. Versammlung südwestdeutscher Neurologen und Irrenärzte in Strassburg. 1887. Arch. f. Psych. 1887. Bd. XIX. H. 1.

235) — Anat. Anz. 1887. Bd. II. S. 27.

236) — Über die Verbindung der sensiblen Nerven mit dem Zwischenhirn. Anat. Anz. 1887.

237) — On the importance of the corpus striatum. Journ. of nerv. and mental dis. 1887. Bd. XIV.

238) — Unters. über d. vergleich. Anatomie des Gehirns. Frankfurt 1888.

239) — Anat. Anzeiger. 1889. Bd. IV. Nr. 4.

240) — Über die Fortsetzungen d. hinteren Rückenmarkswurzeln zum Gehirn. Anat. Anzeiger. 1889.

241) — Über die Bedeutung des Kleinhirns in der Tierreihe. Ber. d. Senkenbergschen Gesellschaft. 1889.

242) — Über die Fortsetzung der hinteren Wurzeln zum Gehirn. Anatom. Anzeiger. 1889.

243) *Edinger*, Neurol. Centralbl. 1890. Nr. 13.

244) — Einiges über den Verlauf der Gefühlsbahnen. D. med.Wochenschr. 1890.

245) — Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Gehirns. 3) Neue Studien über das Vorderhirn der Reptilien. Frankfurt a. M. M. Diesterweg. Mit 14 Abbild. u. 4 Taf.

246) — Anat. Anzeiger. 1893.

247) — Über die Entwickelung des Rindensehens. Neurol. Centr.-Bl. 1895. S. 617. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 1895.

248) — Die Faserung aus dem Stammganglion (Corpus striatum). Verh. d. anat. Gesell. in Strassburg. 1894. Anat. Anzeiger. 1894.

249) — Die Entwickelung der Hirnbahnen in der Tierreihe. Vortr. auf der 68. Versamml. deutscher Naturforscher u. Ärzte. Allg. ärztl. Centr.-Ztg. 1896. LXV. 79—80.

250) — Naturwiss. Rundschau 1896. XI. 46. 1 Abbild. Deutsche med. Wochnschr. 1896. XXII. 39. S. 621.

251) *Egger*, Über totale Kompression des oberen Dorsalmarkes. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1895. Bd. XXVII. H. 1. S. 129.

252) *Eisenlohr*, Deutsche Medic. Wochenschr. 1892.

253) *Elinson*, Sur les fibres centrifuges du nerf optique. Trav. du laborat. de physiol. de Mislawsky à Kasan. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 10. S. III. 26. p. 792.

254) *Erlitzki*, *A.*, Über Veränderungen des Rückenmarkes bei amputierten Hunden. Dissert. St. Petersburg 1879.

255) *Exner*, Zur Kenntnis vom feineren Baue der Grosshirnrinde. Wien. Sitzber. 1881.

256) *Faivre*, Étude sur le conarium. Ann. d. Sc. natur. 1852.

257) *Fajersztajn*, *J.*, (Lemberg), Untersuchungen über Degenerationen nach doppelten Rückenmarksdurchschneidungen. 2 Abbild. Neurol. Centr.-Bl. 1895. Bd. XIV. S. 339.

258) *Ferrier*, The function of the brain. London 1876.

259) — Brain, Spring 1891.

260) — *D.* and *Turner*, *W. A.*, A record of experim. illustr. of the symptomatology and degenerations following lesions of the cerebellum etc. Philosophical transactions. Vol. CLXXXV.

261) — A record of exper. illustr. of the symptomatology and degenerations following of the cerebellum. Proceedings of the R. Society 1894. Vol. XIV.

262) — The Symptomatology and Degenerations following lesions of the cerebellum. Phil. Trans. 1894.

263) — An experim. researche upon cerebro-cortical afferent and efferent tracts. Phil. Trans. 1898. Vol. CXC. S. 1—44.

264) *Flatau, E.*, Atlas des menschlichen Gehirns. Berlin 1894.

265) — Patholog. Untersuchung eines Falles von peripherer Facialislähmung. Ref. in Obosr. psich. (russisch) 1897. Nr. 1.

266) — Periphere Facialislähmung mit retrograder Neurondegeneration. Zeitschr. f. klin. Medizin 1897.

267) — Das Gesetz der excentrischen Lagerung der langen Bahnen im Rückenmark. Sitzb. Preuss. Akad. d. Wissch. Berlin 1897. Bd. XVI.

268) *Flechsig*, *P.*, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen dargestellt. 20 Tafeln. Leipzig 1876.

269) — Über Systemerkrankungen im Rückenmark. Arch. der Heilkunde. 1877. Bd. XVIII. 1878. Bd. XIX.

270) *Flechsig P.*, Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Leitungsbahnen im Gehirn des Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1881.

271) — Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig 1883.

272) — Zur Entwickelungsgeschichte der Associationssysteme. Neur. Centr. 1884.

273) — Über d. Verbindungen d. Hinterstränge mit d. Gehirn. Neurol. Centralbl. 1885. Nr. 5.

274) — Gehirn und Seele. Leipzig 1896.

275) — Neurol. Centralbl. 1885.

276) — Zur Lehre vom centralen Verlauf der Sinnesnerven. Neurol. Centralblatt. 1886.

277) — Über eine neue Färbungsmethode. Arch. f. Anat. und Phys. Anat. Abt. 1889.

278) — Neurol. Centralbl. 1890. Orig.-Mitt.

279) — Weitere Mitteilungen über die Beziehungen des unteren Vierhügels zu dem Hörnerven. Neurol. Centralbl. 1890.

280) — Über ein neues Einteilungsprincip der Grosshirnoberfläche. Neur. Centralbl. 1894.

281) — Weitere Mitteilungen über die Sinnes- u. Associationscentren des menschlichen Gehirns. Neurol. Centralbl. 1895. Bd. XIV. H. 23, 24.

282) — Die Lokalisation d. geistigen Vorgänge etc. Leipzig 1896.

283) — Weitere Mitteilungen über den Stabkranz des menschlichen Grosshirns. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. H. 1.

284) — III. Kongress für Psychologie in München 1896.

285) — und *Hösel*, Centralwindungen, als Centralorgan d. Hinterstränge. Neurol. Centralbl. 1890. H. 14.

286) *Flourens*, Recherches expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. 1842.

287) *Foll*, Beitrag z. fein. Anatomie d. Rückenmarks. Zürich 1860.

288) *Forel*, Untersuchungen über die Haubenregion. Arch. f. Psychiatrie 1877. Bd. VII.

289) — Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse. Arch. f. Psych. Bd. XVIII. S. 162.

290) — Beiträge zur Kenntnis des Thalamus opticus.

291) — Vorl. Mitteilung über den Ursprung des Nerv. acusticus. Neurol. Centralbl. 1885.

292) — Zur Acusticusfrage. Neurol. Centralbl. 1887.

293) — Einige anatomische Untersuchungen. Tageblatt d. 54. Versammlung deutsch. Naturforsch. u. Ärzte in Salzburg. Sept. 1887.

294) — unter Mitwirkung v. Dr *Mayser* u. Dr *Ganser*. Über das Verhältnis der experim. Atrophie- u. Degenerationsmethode zur Anatomie u. Histologie des Centralnervensystems. Festschrift zur Feier des 25. Doktor-Jubiläums d. Prof. Dr. K. W. v. Nägeli u. Prof. Dr A. v. Kölliker. Zürich 1891.

295) *Foster*, Physiology 1890.

296) *Foville*, Traité d'anat. et de phys. du syst. nerveux cérébrospinal. Paris 1844.

297) *Franck* et *Pitres*, Des dégénérations second. de la moelle épinière. Progr. méd. 1880. S. 155 und Gaz. méd. de Paris 1880. Nr. 12. S. 152.

298) *Francotte*, De la dégénérescence du faisceau de Gowers. Bull. de l'ac. r. belg. 1889.

299) — Étude sur l'anatomie pathol. de la moelle épinière. Arch. de Neurol. 1890.

300) *Freud*, Notiz etc. Centr. med. Wiss. 1879.

301) *Freud,* Eine neue Methode z. Studium d. Faserverlaufes etc. Centralbl. für med. Wissensch. 1884.

302) — Zur Kenntnis d. Olivenzwischenschicht. Neurol. Centr. 1885. Bd. IV. H. 12.

303) — Litteratur d. Elemente d. Nervensystems. Sep. 1877.

304) — Über den Ursprung des N. acusticus. Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1886.

305) — Über d. Ursprung d. hinteren Nervenwurzeln im Rückenmark von Ammocoetes. Wiener Sitzb. 1887.

306) *Friedländer* und *Krause,* Fortschr. d. Med. Dec. 1886.

307) *Friedmann,* Einiges über Degenerationsprozesse im Hemisphärenmarke. Neurol. Centralbl. 1887.

308) *Fromman,* Untersuchungen über die norm. u. path. Anatomie d. Rückenmarks. Jena 1864—1867.

309) *Fryliusk,* Nederl. Tijschr. van Geneesk. 1889. II. Nr. 45.

310) *Fuchs, E.,* Die periphere Atrophie der Sehnerven. Graefes Archiv. Bd. XXXI.

311) *Fürstner,* Arch. f. Psych. Bd. XXVI. H. 3.

312) *Fusari,* Coso di mancanza quasi totale d. cervelletto. Atti della R. Acad. delle science di Bologna. Aprile 1892.

313) — Sulle fibre nervose a decorso discendente situate nella substantia reticularis alba del rhombencalon umano. Rivista speriment di Freniatr. 1896. Bd. XXII. H. 3.

314) — Sur le „tractus spinalis nervi trigemini" et sur quelques faisceaux de fibres descendantes dans le funiculus antero-lateralis med. spin. Arch. ital. de Biol. 1896. Bd. XXVI. Fasc. III. S. 387—392.

315) — Del tractus spinalis nervi trigemini e di alcuni fasci di fibre discendenti nel funiculus anterolateralis medullae spinalis. Bull. di Sc. med. Bologna. 1896. Bd. VII. H. 4. S. 149.

316) — La terminazione centrale del nervo ottico nei teleostei. Riv. di patol. nervosa e ment. 1. 8. 1896.

317) *Gad,* Einiges über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmarke d. Frosches. Würzburg 1884.

318) *Ganser, S.,* Über die vordere Hirnkommissur der Säugetiere. Arch. f. Psychiatrie. 1878. Bd. IX.

319) — Über die periphere und centrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corp. bigeminum anterius. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XVI. H. 2.

320) — Über die Anordnung der Sehnervenfasern. Arch. f. Psych. Bd. XIII.

321) — Untersuchungen über das Gehirn des Maulwurfes. Morphol. Jahrb. Bd. VII.

322) *Gaskell,* Journ. of physiol. 1886. Bd. VII. H. 1.

323) *Gattel, Felix,* Beitrag zur Kenntnis der motor. Bahnen im Pons. Verh. d. physik.-med. Ges. in Würzburg 1895. Bd. XXIX. H. 4.

324) *Gaule, Justus,* Über die Zahl der Nervenfasern u. Ganglienzellen in den Spinalganglien des Kaninchens. (Nach einer Untersuchung von *Th. Lewin* mitgeteilt.) Centr.-Bl. f. Physiol. X. 15. 16. 1896.

325) *Gaupp,* Anatomie des Frosches. II. Abt. 1. Hälfte. Lehre vom Nervensystem. 2. Aufl. S. 47—50.

326) *Gebhard,* Inaug.-Dissertation 1877.

327) *v. Gehuchten, A.,* La structure des centres nerveux: la moelle et le cervelet. La cellule. 1890. t. VI. 2 fasc.

328) — La structure des centres nerveux. 1891.

329) — De l'origine du nerf oculomoteur commun. Bull. de l'Ac. roy. de Belg. 1892.

330) *v. Gehuchten*, Le système nerveux de l'homme. 1893.

331) — La structure du lobe optique chez l'embryon de poulet. Extrait de la Revue „La Cellule“ 1892. T. VIII, fasc. I. Neurolog. Centralbl. 1893. S. 820.

332) — Contribution à l'étude du faisceau de *Meynert*. Bull. de l'Academie de Medecine de Belgique. 1894.

333) — Le faisceau longitudinal postérieur. Bruxelles 1895.

334) — De l'origine du pathetique. Bull. de l'Acad. roy. de Belg. 1895.

335) — Le bulbe olfactif de l'homme. Levrault u. Co. 8. 8 p. avec fig. Paris 1895.

336) — Le faisceau longitudinal postérieur. La Cellule. 1895.

337) — De l'origine du pathétique et de la racine supérieure du trijumeau. Bull. de l'Acad. royale de Belgique 3. 8. XXIX. 3. 1895. Separ.: Bruxelles 1895. F. Hayez. — Presse méd. XLVII. 17. 1895.

338) — Contribution à l'étude du faisceau pyramidal. Journ. de Neurol. et d'Hypnol. 1896.

339) — et *Martin*. Le bulbe olfactive chez quelques mammifères. La Cellule. 1891. Bd. VII.

340) *Gerlach*, Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. 1872. Bd. II. S. 665—693.

341) *Gerlbach*, Über die Kreuzungsverhältnisse in dem centralen Verlaufe des N. hypoglossus. Zeitschr. f. ration. Med. 1869. Bd. XXXIV.

342) *Giacomini*, Fascia dentata del grande hippocampo nel cervello umano. Giorn. d. R. Acad. di Medic. Torino 1883.

343) *Gierke*, Die Teile der Oblongata, deren Verletzung die Atembewegungen hemmt, und das Atemcentrum. Pflügers Archiv. 1873. Bd. VII. S. 585 ff.

344) — Centralbl. f. med. Wissensch. 1885. Nr. 34.

345) *Golgi*, Sulla fina anatomia degli organi centrali del systema nervoso. 1886.

346) — Ergebnisse d. Anatomie u. Entwickelungsgeschichte. 1893.

347) — Sur l'origine du quatr. nerf cérébral. Arch. it. de biol. 1893.

348) — Origine del tractus olfactorius et struttura dei lobi olfattori. Rendic. d. r. ist. lombarde. Bd. XV.

349) — Archives italiennes de Biologie. 1894.

350) *Gombault*, Bull. de la société anat. 1891.

351) — et *Philippe*, Revue de sciences méd. 1894, Nr. 87. Sem. médic. 1895. Arch. de méd. experim. 1894.

352) — — Un cas de myelite transverse d'origine traumatique. Bull. de la Société anatomique. 1894. Nr. 1 und 2.

353) *Gowers*, Über den sogenannten Facialis-Abducenskern. Centralblatt f. d. med. Wissenschaft. 1878. Nr. 23. S. 417—418.

354) — Bemerkungen über die antero-laterale aufsteigende Degeneration im Rückenmark. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 5.

355) — Handbuch der Nervenkrankh. 1892. Bd. 1.

356) *Grabower*, Über die Kerne und Wurzeln des N. accessorius und N. vagus und deren gegenseitige Beziehungen. Arch. f. Laryngologie und Rhinologie. Berlin 1894. Bd. II. Neurol. Centralbl. 1895. Nr. 3.

357) *Gramer*, Über Kleinhirnatrophie. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLVIII.

358) *Graux*, De la paralysie du moteur oculaire externe. Paris 1878.

359) *Greiwe*, Neurolog. Centralbl. 1894. Nr. 4—5.

360) *Gromel*, La glande pinéale. Gaz. hebd. de Montpellier 1887.

361) *Grünbaum*, Journal of Physiology. Bd. XVI. Nr. 5—6.

362) *Grützner*, Modelle des menschlichen Chiasma opticum. XXI. Wander-

versammlung d. südwestdeutschen Neurologen u. Irrenärzte. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 1896. Bd. XXVIII. H. 3.

363) *Guarneri* und *Bignami*, I centri nervosi in un amputato. Boll. delle R. Accad. med. di Roma. 1888.

364) *Gudden*, Experimentaluntersuchungen über das peripherische und centrale Nervensystem. Arch. f. Psychiatrie. 1870. Bd. II.

365) — Über einen bisher nicht beschriebenen Nervenfaserstrang im Gehirne der Säugetiere und des Menschen. Arch. f. Psych. 1870. Bd. XI.

366) — Untersuchungen über die Haubenregion. Arch. f. Psych. 1877. Bd. XI.

367) — Über die Kreuzung der Fasern im Chiasma nerv. opticorum. Arch. f. Ophthalm. 1874. Bd. XX. Abt. II, 1875. Bd. XXI. Abt. III, 1879. Bd. XXV. Abt. I u. Bd. XXV. Abt. IV. S. 237.

368) — Vortrag auf d. Naturforscherversammlung zu Magdeburg, 1884.

369) — Augenbewegungsnerven. Edingers Bericht. 1888.

370) — Beiträge zur Kenntnis des Corpus mamillare. Arch. f. Psych. Bd. XI.

371) — Beitrag zur Kenntnis d. Wurzeln d. Trigeminusnerven. Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie. 1891. Bd. XLVIII H. 1 u. 2.

372) — Gesammelte und hinterlassene Abhandlungen, hrsg. v. *Grashey*. 1889.

373) *Gudden*, *H.*, Beitr. z. Kenntnis d. Wurzeln d. Trigeminus. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLVIII.

374) *Hadden* und *Sherrington*, Brain, Vol. VIII.

375) *Hagemann*, Über d. Bau des Conariums. Arch. f. Physiol. 1872.

376) *Haller*, *B.*, Über den Ursprung des Nervus vagus bei den Knochenfischen. Verhandl. d. Deutschen zool. Ges., 5. Jahresversamml. Strassburg 1896.

377) *Hamilton*, On the corpus callosum in the embryo. Brain. Vol. VIII.

378) *Hammerberg*, Atrophie und Sklerose des Kleinhirns. Nord. med. Arch. 1890. Bd. XXII. (mit genauer Zusammenstellung der Litteratur über angeborene Kleinhirnatrophie).

379) — Studien über Klinik u. Pathologie der Idiotie. Upsala 1895.

380) *Hans*, Inaug.-Dissert. Würzburg 1891.

381) *Heard*, *J.*, Über abnorme Nervenbündel in d. Medulla oblongata des Menschen. Arb. a. d. Laborat. v. Prof. Obersteiner. Wien 1894.

382) — Über abnorme Nervenbündel in der Medulla oblongata. Arb. a. d. Inst. f. An. u. Phys. d. Centraln. Wien 1894. Bd. II.

383) *Hebold*, Der Faserverlauf im Sehnerven. Neurol. Centralbl. 1891.

384) *Held*, Der Ursprung des Markes d. Vierhügelgegend. Neurol. Centralbl. Origin.-Mitt. 1890. Nr. 16.

385) — Die Endigungsweise der sensiblen Nerven im Gehirn. Arch. f. Anatomie und Physiologie. Anat. Abt. 1892. H. 1 u. 2.

386) — Beiträge zur feineren Anatomie d. Kleinhirns u. d. Hirnstammes. Arch. f. Anatomie und Physiologie. 1892 u. 1893, S. 435.

387) — Die Beziehungen des Vorderseitenstranges. Abh. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1892.

388) — Über eine direkte akustische Rindenbahn. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1892.

389) — Die centrale Gehörleitung. Arch. f. Anatomie u. Entwickelungsgeschichte 1893. S. 201 ff.

390) — Beiträge zur feineren Anatomie des Kleinhirns. Arch. f. Anat. u. Phys. Anat. Abt. 1893.

391) — Beiträge zur Kenntnis des Nervenmarks. III. Über experimentelle Reifung des Nervenmarks. 1 Tafel. Arch. f. Anat. u. Physiol. (anat. Abt.) 1896. H. 3 u. 4. S. 222.

392) *Helweg*, Arch. f. Psychiatrie. Bd. XIX. H. 1.

393) *Helweg*, Studien über d. centrale Nervensystem. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1869—1870.

394) *Henle, J.*, Handbuch der Nervenlehre des Menschen. 1879.

395) — Handbuch d. Anatomie d. Menschen. Nervenlehre.

396) *Henschen, S. E.*, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Upsala. I—III. Teil.

397) — Neurol. Centralbl. 1893. S. 818.

398) — Sur les centres optiques cérébraux. Revue gén. d'ophthalmologie. 1894.

399) — Sur les centres optiques cérébraux. Lyon 1895. Georg.

400) — Neurol. Centralbl. 1898. Nr. 5.

401) *Hensen* und *Völkers*, Über den Ursprung der Accomodationsnerven. Arch. f. Ophthalmol. 1878. Bd. XXIV.

402) *Herrick*, Illustrations of the Architecture of the cerebellum. The Journ. of comp. Neurology 1891. Bd. I.

403) *Herzen* et *Löwenthal*, Trois cas de lésion medullaire etc. Archives de Physiologie normale et pathologique. 1886, III. VII, S. 260.

404) *Hess*, Zur Degeneration der Hirnrinde. Wien. med. Jahrb. 1886.

405) *Heymann*, Beiträge zur pathologischen Anatomie der Rückenmarkskompression. Virchows Archiv. 1893. Bd. CXLIX, H. 3. S. 563.

406) *Hill*, The Brain mechanism of sight and smell. Brit. medic. Journal. 1886.

407) — The fascicolo cinerea, its relation to the fascia dentata and to the nerves of Lancisi. 5 Fig. Pr. of the Roy. Soc. V. 58. p. 349.

408) — The Hippocampus. Phil. Transact. 1893.

409) *Hirn*, Hemiatrophie der Zunge. Berliner kl. Wochenschr. 1885.

410) *Hirt*, Zur Lokalisation des kortikalen Kaumuskelcentrums beim Menschen. Berl. klin. Wochenschr. 1887.

411) *His*, Histogenese und Zusammenhang d. Nervenelemente. Arch. f. Anat. u. Phys. Suppl. Bd. VII. 1890.

412) — Über die Entwickelung des Riechlappens. Verh. d. anat. Ges. 1893.

413) *His*. jun., Arch. f. Anatomie u. Physiol. Suppl. Bd. 1889.

414) *Hitzig*, Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.

415) — Über einen Fall v. halbseitigem Defekt d. Kleinhirns. Arch. f. Psych. Bd. XV.

416) *Hoche*, Über die centralen Bahnen zu den Kernen der motor. Hirnnerven. 21. Wandervers. d. südwestdeutschen Neurol. u. Irrenärzte zu Baden-Baden am 6. u. 7. Juni 1896.

417) — Neurolog. Centralbl. 1896. S. 607.

418) — Über sekundäre Degeneration, speciell des Gowers'schen Bündels, nebst Bemerkungen über das Verhalten der Reflexe bei Kompression des Rückenmarkes. 2 Taf. u. 2 Abbild. im Text. Arch. f. Psychiatrie 1896. Bd. XXVIII. H. 2. S. 510.

419) — Beiträge zur Anatomie der Pyramidenbahn. Arch. f. Psych. Bd. XXX. Heft 1.

420) — Über Verlauf u. Endigungsweise der Fasern des ovalen Hinterstrangfeldes im Lendenmarke. 10 Fig. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. u. 4.

421) *Hösel*, Die Centralwindungen ein Centralorgan d. Hinterstränge und d. Trigeminus. Arch. f. Psych. Bd. XXV. H. 2.

422) — Arch. f. Psychiatrie. Bd. XXV.

423) *Hofrichter*, Dissert. Jena 1883.

424) *Holl*, Über den N. accessorius Willisii. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.

425) *Holm*, Die Anatomie u. Pathologie d. dorsalen Vaguskerns. Neurolog. Centralbl. 1892. Nr. 3.

426) — Den dorsale Vaguskiernes Anatomie en Pathologie. Norsk. Magazin f. Lagevividenskaben. 1892. Nr. 1. Ref. in Neurolog. Centralbl. 1892. Nr. 3, S. 73—75.

427) *Homen*, Zur Kenntnis der Hemiatrophia facialis und des Ursprungs des Nervus trigeminus. Neurolog. Centralbl. 1890, S. 432—436.

428) — Über sekund. Degeneration im verlängerten Mark und Rückenmark. Virchows Arch. Bd. LXXXVIII.

429) *Hossnegger*, Fornix. Recueil de Zool. Suisse. 1890. Bd. V. 2. S. H. 281.

430) *Howard H. Tooth*, A Contribution to the topographical anatomy of the spinal cord. St. Barth. Hosp. Reports 1888. Vol. XXI.

431) — The Gulstonian lectures on secondary degeneration of the spinal cord. London 1869.

432) — On the destination of the anterolateral ascending tract. Brain 1892. Vol. XV. Part. 59 and 60. Autumn-Winter S. 394—403.

433) *Hüfler, Emil*, Über den Faserverlauf im Sehnerven des Menschen. 5 Abbild. im Text. Deutsche Ztschr. f. Nervenh. 1895. Bd. VII. 1. 2. S. 96.

434) *Huguenin*, Allgemeine Pathologie der Krankheiten des Nervensystems. Teil 1. Anatomie. Zürich 1873.

435) — Über die Theorie d. Neuronen. Korresp.-Bl. f. Schweiz. Ärzte. 1892.

436) *Hunnius*, Symptomatologie der Rückenmarkskrankheiten. Bonn 1891.

437) *Jacob, Christfried*, Atlas des gesunden u. kranken Nervensystems, nebst Grundriss der Anatomie, Pathologie u. Therapie desselben.

438) Ein Beitrag zur Lehre vom Schleifenverlauf. Neurolog. Centralbl. 1895. Bd. XIV. H. 7. S. 308.

439) *Jacobsohn, L.*, Über d. Lage d. Pyramidenvorderstrangfasern in der Medulla oblongata. Neurol. Centralbl. 1895. Bd. XIV. H. 8. S. 348. 9 Fig.

440) — Zur Frage der Sehnervenkreuzung. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. Nr. 18. S. 838.

441) *Jakowenko*, Westnik psichiatrii (russisch) 1889. H. 2, S. 73.

442) *Jelgersma*, Über d. Bau d. Säugetiergehirns. Morphol. Jahrb. Bd. XV.

443) — Nederl. tijdschr. voor Geneesk. 1887. Ref. in Schmidts Jahrb. Bd. CCXIX.

444) — Idiotie. Psych. Bladen 1887.

445) — Neurolog. Centralbl. 1891. Nr. 15.

446) — Die sensiblen u. sensorischen Nervenbahnen u. Centren. Neurol. Centralbl. 1895. Bd. XIV. S. 290.

447) — Schmidts Jahrbücher. Bd. CCXIX.

448) — Psych. Bladen. Bd. XIV.

449) *Jung*, Über das Gewölbe im menschl. Gehirn. Basel 1845.

450) *Kaes*, Über den Faserreichtum der Hirnrinde. Neurol. Centralbl. 1893.

451) — Über Grosshirnrindenmasse und über Anordnung der Markfasersysteme. Wien. med. Wochenschr. 1895.

452) — Über Grosshirnrindenmasse u. über Anordnung der Markfasersysteme in der Rinde des Menschen. Vortrag auf der Naturf.-Vers. in Lübeck. Wien. med. Wochenschr. 1895. Jahrg. XLV. Nr. 41 u. 42.

453) — Über den Markfasergehalt der Hirnrinde. Vortrag in d. biolog. Abteilung des ärztl. Vereins Hamburg. Münchn. med. Wochenschr. 1896. Jahrg. XLIII. Nr. 5.

454) — Über den Markfasergehalt der Grosshirnrinde eines $1^1/_2$ jähr. männlichen Kindes. 4 Taf. Irrenanstalt Friedrichsberg. Jahresber. d. Hamburger Staatskrankenanstalten IV. 1893—1896.

455) *Kahler*, Zeitschr. f. Heilk. 1882, Bd. III. H. 3—4.
456) — und *Pick*, Zur Lokalisation partieller Okulomoriuslähmung. Prager Zeitschr. f. Heilk. 1887.
457) — — Arch. f. Psych. 1880, Bd. X, H. 2, S. 297.
458) *Kam*, Zur Kenntnis der sekund. Veränderungen im Hirnstamme. Arch. f. Psych. Bd. XXVII. H. 3.
459) *Karusin*, Inaug.-Dissert. (russisch). Moskau 1892.
460) *Kaufmann*, Über Mangel des Balkens. Arch. f. Psych. Bd. XVIII.
461) *Kausch*, Neurol. Centralbl. 1894. Nr. 14.
462) *Kèraval* et *Targowla*, Fibres nerveuses à myéline intracorticales du cerveau. Ann. medico-psychol. 1890.
463) *Kirilzeff*, Zur Lehre von dem Ursprunge und dem centralen Verlaufe des Gehörnerven. Medic. obosr. (russisch). 1892.
464) — Die hintere Wurzel des Acusticus und ihre primären Centren. Inaug.-Dissert. (russisch). Moskau 1894 und Neurol. Centralbl. 1894. S. 5.
465) — Arch. de Neurol. Bd. XXVI.
466) *Klimow, J.*, Die Leitungsbahnen des Kleinhirns (russisch). Kasan 1897.
467) — Wratsch (russisch). 1896. Nr. 37.
468) *Klippel, M.* et *Durante, G.*, Des dégénérescences rétrogrades dans les nerfs périphériques et les centres nérveux. Revue de Méd. 1895. Janv. S. 1.
469) *Kljatschkin*, Materialien zur Lehre von dem Ursprunge und dem centralen Verlaufe des VII., IV., X., XI. und XII. Nervenpaares (russisch).
470) *Koch*, Untersuchungen über den Ursprung und die Verbindungen des N. hypoglossus in der Medulla oblongata. Arch. f. mikrosk. Anat. 1887. Bd. XXXI.
471) — Untersuchungen über den Ursprung und die Verbindungen des N. hypoglossus in der Medulla oblongata. Arch. f. mikroskopische Anatomie. 1888. Bd. XXVI. S. 54—71.
472) — Nogle Bemaerkninger om Udspringet af 9, 10 og 11 Hjernnerve. Autoreferat in Centralbl. f. Nervenheilk. u. Psych. 1892. September. S. 399.
473) *Koch* u. *Marie*, Contribution à l'étude de l'hemiatrophie de la langue. Revue de médecine. 1888.
474) *Kölliker*, Sitzb. d. phys. med. Ges. 1890. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. LI.
475) — Anat. Anzeiger. Bd. VI. Nr. 14 u. 15. S. 427.
476) — Sitzb. d. physikal.-med. Ges. zu Würzburg. 1889.
477) — Über d. feineren Bau des Rückenmarks. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1890. Bd. LI.
478) — Sitzb. d. Würzb. phys. med. Gesellsch. 1890.
479) — Zeitschr. f. wissenschaft. Zool. 1890.
480) — Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. 1890. Bd. IL.
481) — Über den Ursprung des N. oculomotorius beim Menschen. Sitzber. d. Würzb. phys. med. Gesellsch. 1892.
482) — Über den feineren Bau des Bulbus olfactorius. Sitzungsber. d. phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg 1892.
483) — Über d. Fornix longus s. superior des Menschen. Vierteljahrsschrift d. Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.
484) — Nachweis der vollständigen Kreuzung des Opticus beim Menschen, Hund, Katze, Fuchs u. Kaninchen. Verhandl. d. anat. Gesellsch. 10. Vers. Berlin. S. 13.
485) — Über die feinere Anatomie und die physiologische Bedeutung des sympathischen Nervensystems. Vortrag in der allgem. Sitzung der 66. Versammlung deutsch. Naturforscher und Ärzte in Wien 1894 (28. September).

486) *Kölliker*, Kritik der Hypothesen von *Rabl-Burkhard* und *Duval* über amoeboide Bewegungen der Neurodendren. Sep.-Abdr.

487) — Verhandl. d. anat. Gesellsch. 1894.

488) — Zum feineren Bau des Zwischenhirns und der Regio hypothalamica. Bericht d. 9. Vers. d. anat. Gesellsch. 1895.

489) — Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1896.

490) *Köppen*, Neurol. Centralbl. 1889. Bd. VIII.

491) — Ueber das hintere Längsbündel. Berichte der Naturforscherversammlung. Heidelberg 1889.

492) *Korányi*, Ueber die Folgen der Durchschneidung des Hirnbalkens. Pflügers Arch. Bd. XLVII.

493) *Köster*, Ein Beitrag zur Kenntnis der fein. pathol. Anatomie der Idiotie. Neurol. Centralbl. 1889.

494) *Koshewnikoff*, Achsencylinderfortsatz der Nervenzellen. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. VI.

495) *Kowalewski*, *P.*, Das Verhältnis des Linsenkernes zur Hirnrinde bei Menschen und Tieren. Sitzb. d. Akad. d. Wissensch. III. Abt. Bd. LXXXVI. Jahrg. 1882.

496) *Krause*, Allgemeine und mikroskopische Anatomie. 3. neu bearbeitete Auflage. Hannover 1876—1880.

497) *Krauss*, Neurol. Centralbl. 1885. Bd. IV.

498) *Kreuser*, *H.*, Allg. Ztschr. f. Psych. Bd. XLVIII.

499) — Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLI. H. 1.

500) *Kundrat*, Die Arhinencephalie. Graz 1882.

501) *Laborde*, Recherches expérimentales sur quelques points de la physiologie du bulbe rachidien. Gazette méd. de Paris 1878.

502) *Lahousse*, Rech. sur l'ontogenèse du cervelet. Gand. 1888.

503) *Landmeyer*, *W.*, Sekundäre Degeneration nach Exstirpation motorischer Centren. Zeitschr. f. Biol. 1893. Bd. XXVIII. S. 177.

504) *Langley*, Recent observations on degeneration and on nerve tracts in the spinal cord. Brain 1896. Vol. IX Parts XXXII. S. 92.

505) — and *Grünbaum*, Journ. of physiology 1891. S. 606—628.

506) *Laura*, Sull'origine reale dei nervi spinali. Torino 1878.

507) — Nuove ricerche sull'origine dei nervi cerebrali. Mem. d. R. Acad. Torino 1878. II. 31.

508) — Nuove ricerche sull'origine reale dei nervi cerebrali (IX, VIII, VII, VI, V). Memorie della Reale Academia della scienze di Torino 1879. Serie II. Bd. XXXII.

509) *Lawdowski*, *M.*, Vom Aufbau des Rückenmarks. Arch. f. mikroskop. Anatomie Bd. XXXVIII.

510) *Lebedjeff*, *J.*, Verlauf der vorderen Stränge des Rückenmarkes im Gehirn. Vortrag in der Naturf.-Ges. zu St. Petersburg (russisch). 29. September 1872.

511) *Lehmann*, Versuch einer Lokalisation d. Kernursprungs d. d. M. quadriceps innervir. Nerven. Dissert. Würzburg.

512) *Lemos*, Histologie de la région psychomotrice chez le nouveau-né. Porto 1882.

513) *Lenhossèk*, Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XXXIII.

514) — Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XXXIV.

515) — Anat. Anz. 1887. Bd. II. No. 14.

516) — Beobachtungen am Gehirn des Menschen. Anat. Anzeiger 1887. Bd. II. Nr. 14.

517) — Anat. Anzeiger 1889.

518) *Lenhossèk*, Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane Wiesbaden 1894.

519) — Der feinere Bau d. Nervensystems. 2. Aufl. Berlin 1895.

520) *Leonowa, O.*, Über das Verhalten der Neuroblasten d. Occipitallappens bei Anophthalmie und Bulbusatrophie und seine Beziehungen zum Sehakt. Arch. f. Anatomie und Physiologie 1893. S. 308.

521) *Lewis*, Researches on the comparative structure of the cortex cerebri. Phil. Trans. 1880.

522) *Leyden*, Klinik der Rückenmarkskrankheiten. 1875. Bd. II.

523) *Leydig*, Das Parietalorgan d. Amphibien und Reptilien. Abh. d. Senk. Gesellsch. Sep.-Abdr. 1890.

524) *Linke*, Centralbl. f. Nervenheilk. 1895. Nov.

525) *Lissauer*, Beitrag zum Faserverlauf im Hinterhorn des menschlichen Rückenmarks etc. Arch. f. Psych. 1886. Bd. XVII. H. 2.

526) — Beiträge zum Faserverlauf d. Rückenmarkswurzeln in d. Gehirn. Anat. Anzeiger 1889.

527) — Beitrag zur pathologischen Anatomie der Tabes dorsalis etc. Vorl. Mitteil. Neurolog. Centralbl. 1885. Nr. 11.

528) *Livi*, Note istogishe sulle origino reale di alcuni nervi cerebrali. Archivio per scienze mediche. V. VII. Ref. in Jahresberichte üb. d. Fortschr. d. Anatomie und Physiologie von Hoffmann und Schwalbe 1883. S. 243.

529) *Lloyd Andriezen*, The morphology of the pituitary body. Brit. med. Journ. 1894.

530) *Longet*, Anatomie et Physiologie du systeme nerveux. 1846. Bd. I.

531) *Lotheisen*, Über die Striae medull. thalami optici und ihre Verbindungen. Anat. Hefte 1894.

532) *Löwenthal, N.*, Über den Unterschied zwischen der sek. Degeneration des Seitenstranges nach Hirn- und Rückenmarksverletzungen. Pflügers Archiv 1883. Bd. XXXI, S. 350.

533) — Dégénérations sécondaires ascendantes dans la bulbe rachidienne, dans le pont et dans l'étage supérieur de l'isthme. Revue méd. de la Suisse Rom. 1885. X.

534) — Dégénération sécondaire de la moelle consécutive aux lésions expérimentales. Recueil zoologique Suisse 1885. Bd. II.

535) — Contribution expérimentale à l'étude des atrophies sécondaires du cordon postérieur etc. Recueil zoologique Bd. IV. Nr. 1.

536) — Parcours central du faisceau cérébelleux direct. Bull. soc. anat. 1885.

537) — Note rélative à l'atrophie de la colonne de Clarke observée chez un jeune chat etc. Revue méd. de la Suisse Rom. 15. Jan. 1896. S. 20—27.

538) — Revue méd. de la Suisse Rom 1886. Bd. VI. S. 529.

539) — Note relative à l'atrophie unilaterale de la colonne de Clarke etc. Revue méd. de la Suisse Rom 1886.

540) — Recherches expérimentales à l'étude des atrophies sec. Rec. Zool. Suisse 1886.

541) — Neuer exper. anat. Beitrag z. Kenntnis einiger Bahnen im Rückenmark u. Gehirn. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. 1893. Bd. X, H. 5, 6 u. 7.

542) — Inaug.-Dissert. 1885.

543) — Pflügers Arch. Bd. XXXI.

544) — Sulle cellule d'origine della radice discendente del trigemino. Monit. zool. 1894.

545) — Sulla struttura del nucleo dentato. Monit. Zool. 1895.

546) — Über die Verbindungen der nervösen Elemente der Kleinhirnrinde unter einander. Unters. zur Naturl. d. Menschen u. d. Tiere 1896. Bd. XV. 5, 6.

547) *Lugaro*, Über den Ursprung einiger Hirnnerven. *Moleschotts* Untersuchungen. XV. I.

548) — Contributo alla fine anatomia del gran piede d'hippocampo. Arch. science med. Bd. XVIII.

549) *Luys*, *J.*, Recherches sur le système nerveux cérébrospinale. Paris 1865.

550) — Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen. Intern. Med. Bibl. 1877. Bd. XXVI.

551) — Description d'un faisceau de fibres cérébrales descendantes allant se perdre dans le corps olivaire. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1895, Juillet 13.

552) *Mahaim*, Ein Fall v. sekundärer Erkrankung d. Thalamus etc. Arch. f. Psych. Bd. XXV, H. 2.

553) — Recherches sur la structure anatomique du noyau rouge. Mém. de l'Ac. roy. Belg. 1894. XIII.

554) — Note sur l'existence des connexions entre le faisceau longitudinal postérieur et les noyaux des troisième, quatrième et sixième paires. Bull. de l'Acad. de Méd. de Belg. 1895.

555) — Recherches sur les connexions, qui existent entre les noyaux des nerfs moteurs du globe oculaire d'une part, et d'autre part le faisceau longitudinal postérieur et la formation réticulaire. Bull. de l'Acad. de Méd. de Belg. 1895.

556) *Mancopf*, Zeitschrift f. klin. Med. 1884. Bd. VII. Suppl.-H.

557) *Manouélian*, Société de Biologie 1898. Fevrier 19.

558) *Marchand*, Über die Entwickelung des Balkens im menschl. Gehirn. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXVIII.

559) *Marchi*, Rivista speriment. di Freniatria 1883. Bd. IX.

560) — Sulle degenerazione consecutive all'estirpazione totale e parziale del cervelletto. Rivista sperim. di Freniatria 1886.

561) — Sulla fina anatomia dei corp. striati e talami ottici. Riv. sperim. di Fren. 1886.

562) — Riv. sperim. di freniatria 1888. Bd. XIII.

563) — Sull' origine e decarso dei peduncoli cerebellari etc. Florenz.

564) — Rivista sper. 1891. V. 17.

565) — Rivista di freniatria 1891. XVII. 3.

566) — Arch. italiennes de Biologie 1892.

567) — Sull' origine del lemnisco. Riv. di Patol. nervosa e ment. 1896. I. 9.

568) — et *Alger*, Rivista sper. di fren. 1885. Bd. XI.

569) *Margulies*, Neurol. Centralbl. 1896. Nr. 8.

570) *Marie*, Leçons sur les maladies de la moelle épin. Paris 1892. S. 63.

571) — De l'origine exogène ou endogène des lésions du cordon post. Sem. méd. 1894.

572) *Marinesco*, Des connexions du corps strié avec le lobe frontal. Compt. rend. de la Soc. de Biol. Febr. 2. 1895.

573) — Théorie des neurones. Application au processus de dégénérescence et d'atrophie dans le système nerveux. Presse méd. 1895.

574) *Martin*, Zur Endigung des Nervus acusticus im Gehirne der Katze. Anat. Anz. 1893. Bd. IX.

575) — Zur Entwickelung des Gehirnbalkens bei der Katze. Anatom. Anzeiger 1893, 1894.

576) *Martinotti*, Sulla struttura del nestro di Vicq. d'Azyr 1887.

577) — Beitrag zum Studium der Hirnrinde. Int. Monatsschr. f. Anat. 1890. Bd. VII.

578) — e *Mergandino*, Ricerche sulle alterazione del midollo spinale concomitante le lesioni cerebelleri. Morgagni. Anno XXX, 1888. Nr. 1.

579) *Martius*, Die Methoden zur Erforschung des Faserverlaufes im Centralnervensystem. Volkmanns Sammlung klinischer Vorträge 1886. Nr. 276. S. 25.

580) *Massaut, H.*, Experimentaluntersuchungen über den Verlauf der den Pupillenreflex vermittelnden Fasern. Arch. f. Psych. 1896. Bd. XXVIII. H. 2. S. 432.

581) *Matte F.*, Ein Beitrag zur Frage nach dem Ursprung der Fasern des Nervus acusticus. Arch. f. Ohrenhkde. 1895. Bd. XXXIX. H. 1. S. 17.

582) *Mauthner*, Die Nuclearlähmung der Augenmuskeln. Wiesbaden 1885.

583) *Mayer, C.*, Zur path. Anat. d. Rückenmarkshinterstränge. Jahrb. f. Psych. 1894.

584) — Jahrb. f. Psych. 1894. Bd. XIII. H. 1.

585) — Beitrag zur Kenntnis der aufsteigenden Degeneration motorischer Hirnnerven beim Menschen. Jahrbüch. f. Psychiatrie 1894. Bd. XII. S. 138 ff.

586) *Mayser, P.*, Experim. Beitrag zur Kenntnis des Baues des Kaninchenrückenmarks. Arch. f. Psychiatrie. Bd. VII.

587) — Über den Nervus opticus der Taube. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. LI.

588) *Mellus, L.*, Preliminary note on bilateral degeneration in the spinal cord of monkeys. Proceed. of the Royal Society 1894 May 23.

589) *Mendel*, Über das solitäre Bündel. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1884. Bd. XV. S. 285 ff.

590) — Neurolog. Centralbl. 1885.

591) — Über d. Kernursprung d. Augenfacialis. Berlin. Med. Gesellsch. 9. Nov. 1887. Neurol. Centr. 1887. Bd. VI. Nr. 23.

592) — Zur Lehre von der Hemiatrophia facialis. Neurolog. Centralbl. 1888. S. 441—442.

593) — Deutsche Med. Woch. 1889. XV. Nr. 47.

594) *Merkel*, Die trophischen Wurzeln des Trigeminus. Mitt. d. anat. Inst. zu Rostock 1874.

595) *Mershejewski, J.*, Arch. de phys. norm. et pathol. 1875.

596) — Über einige Besonderheiten des Idiotengehirns nebst einem neuen Fall von Idiotismus. Arch. szud. Med. (russisch) 1875.

597) *Meyer*, Arch. f. Psych. XVII. 1886.

598) — Arch. f. Psych. 1882. Bd. XIII.

599) — Zur Homologie der Fornixcommissur und des Septum lucidum bei den Reptilien u. Säugern. Anat. Anzeiger 1895. Bd. X. Nr. 15. S. 474.

600) — Über Faserschwund in der Kleinhirnrinde. Arch. f. Psych. Bd. XXI.

601) *Meynert*, Die Medianebene des Hirnstammes, als ein Teil der Leitungsbahn zwischen der Gehirnrinde und den motorischen Nervenwurzeln. Wiener allgem. Zeitung 1865, 1866.

602) — Studien über die Bestandteile der Vierhügel. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1867. Bd. XVII.

603) — Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtlichen Verschiedenheiten. Vierteljahrsschr. f. Psych. 1867. Bd. I.

604) — Beiträge zur Kenntnis der centralen Projektion der Sinnesoberflächen. Sitzb. der Wiener Akademie. 1869. Bd. LIX. Abteilung II.

605) — Neue Studien über Associationsbündel. Sitzb. d. Akad. zu Wien. Bd. CI.

606) — Über Unterschiede im Gehirnbau des Menschen und der Säugetiere. Mitteil. d. Wien. anthropol. Gesellschaft. 1870. Nr 4.

607) — Vom Gehirne der Säugetiere. *Strickers* Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Tiere. Bd. II. Leipzig 1892.

608) *Meynert*, Neue Untersuchungen über Grosshirnganglien und Gehirnstamm. Wiener Akad. Anzeiger 1879. Nr. 18.

609) — Skizze des menschlichen Grosshirnstammes nach seiner Aussenform und seinem inneren Bau. Arch. f. Psychiatrie. 1884. Bd. IV.

610) — Psychiatrie. Anatomische Einleitung. Wien 1884.

611) *Michel*, Über Sehnervendegeneration und Sehnervenkreuzung. Festschrift. Würzburg 1887.

612) — Bericht über die 21. ophthalm. Vers. 1892.

613) — Über die Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma. Bericht über die 24. Versamml. d. ophthalmol. Ges. zu Heidelberg 1895.

614) *Mingazzini*, Bull. della R. Acad. med. di Roma 1888—1889.

615) — Annali di Freniatria 1890. II. Fasc. 4.

616) — Gaz. med. di Roma 1890. XVI.

617) — Arch. par le scienze med. XIV. II. Ref. in Schmidts Jahrb. 1890. Bd. CCVII.

618) — Intorno al decorso delle fibre appartementi al pedunculus medius cerebelli. Arch. p. le sc. med. 1890. Bd. XIX.

619) — Ulteriori ricerche intorno alle fibrae arciformes, ebendas. Bd. X.

620) — Sull'origine e connessioni delle fibrae arciformes. Internat. Monatsschr. f. Anat. Bd. IX.

621) — Intorno all'origine reale del N. abducens. Gaz. med. di Roma. Bd. XVI.

622) — Sopra un encefalo con arresto di sviluppo. Internat. Monatsschr. f. Anat. und Phys. 1890.

623) — Recherches complémentaires sur le trajet du pedunculus medius cerebelli. Internat. Mon.-Schr. f. Anat. u. Phys. 1891. Bd. VIII. H. 7.

624) — Intorno alle origini del n. ipoglosso. Annale Freniatria. 1890. Neurolog. Centralbl. 1891. Nr. 22. S. 690.

625) — Über die gekreuzte cerebro-cerebellare Bahn. Neurolog. Centralbl. 1895. Nr. 15.

626) — Sulle degener. consec. all'estirpazioni emicerebellari. Ric. Lab. An. Roma 1894. Bd. IV.

627) — Intorno al decorso delle fibre appartementi al pedunculus medius cerebelli etc. Arch. per le scienze mediche. Vol. XIV.

628) — Du rôle du cordo nantéro-latéral ascendant. Riv. sper. di Fren. Vol. XVIII. Fasc. 3 u. 4.

629) *Minor*, *L.*, Über die Bedeutung des Corpus striatum. Inaug.-Dissert. (russisch). Moskau 1882.

630) *Mirto*, Sulle degenerazioni secunderi cerebello-cerebrali etc. Arch. p. le Scienze mediche. Vol. XX. Nr. 19.

631) — Sulla fina anatomia del tetto ottico dei pesci teleostei e sull'origine reale del nervo ottico. Inst. d'Istol. norm. di Palermo. C. Mondino. Riv. sperim. di freniatr. XXI. 1. S. 135. 1 tav.

632) — In risposta alla nota del prof. *R. Fusari*, „La terminazione centrale del nervo ottico nei teleostei". Riv. di patol. nervosa e ment. 1896. Bd. I. H. 10.

633) *Mirto*, *D.* et *Pusateri*, *E.*, Sui repporti anastomotici fra il nervo accessorio ed il vago. Riv. di patol. nerv. e ment. Febr. 1895.

634) *Misslawski*, *N.*, Über das Atemcentrum. Inaug.-Dissert. (russisch). Kasan 1885.

635) *Mocli*, Veränderungen des Tractus und Nervus opticus bei Erkrankungen des Occipitalhirns. Arch. f. Psych. 1890. Bd. XXII.

636) — Über sekundäre Degeneration. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1883. Bd. XIV. S. 173.

637) *Moeli*, und *Marinesco*, Arch. f. Psych. 1892. Bd. XXIV.

638) *Möller, J.*, Über eine Eigentümlichkeit der Nervenzellenfortsätze in der Grosshirnrinde. Anat. Anzeiger 1889.

639) *v. Monakow*, Experim. Beitrag zur Kenntnis des Corp. restiforme, des äusseren Acusticuskern und deren Beziehungen zum Rückenmark. Arch. f. Psych. Bd. XIV. H. 1.

640) — Experim. Untersuchungen über Hirnrindenatrophien. Neurolog. Centralbl. 1883. Nr. 22.

641) — Experim. Beiträge zur Kenntnis der Pyramiden und Schleifenschicht. Corresp. Blatt f. Schweizer Ärzte 1884. Nr. 6 u. 7.

642) — Neue experimentelle Beiträge zur Anatomie der Schleife. Neurolog. Centralblatt 1885. Nr. 12.

643) — Berl. Gesellsch. f. Psych. Neurol. Centr. 1885.

644) — Über sekundäre Degenerationen etc. Sitzb. d. Gesellsch. d. Ärzte zu Zürich am 6. Febr. 1886. Schw. Corresp. 1886.

645) — Über d. Ursprung und d. centralen Verlauf d. Acusticus. Corr.-Bl. f. schweiz. Ärzte 1887. Bd. XVII. Nr. 5.

646) — Arch. des sciences physiques et naturelles 1888. Bd. XX. H. III.

647) — Bericht über die 62. Vers. deutscher Naturforscher und Ärzte zu Heidelberg 1889.

648) — Arch. f. Psych. 1889. Bd. XXI.

649) — Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Beziehungen der Sehsphäre zu den infracorticalen Opticuscentren. Arch. f. Psych. Bd. XIV, XVI, XX, XXIII, XXIV.

650) — Über einige durch Exstirpation circumscripter Hirnrindenregionen bedingte Entwickelungshemmungen des Kaninchenhirns. Arch. f. Psych. Bd. XII.

651) — Striae acusticae und untere Schleife. Arch. f. Psych. Bd. XI.

652) — Corr.-Bl. f. Schweizer Ärzte. 1890. Bd. XX.

653) — Exper. u. path.-anat Untersuch. über die Haubenreg., d. Sehhügel u. die Regio subth. Arch. f. Psych. 1895.

654) — Arch. f. Psych. 1895.

654a) *Monro, F. K.*, On the optic nerve as part of the central nervous system. Journ. of Anat. u. Physiol. 1895. Bd. XXX. N. S. X. 1.

655) *Mondini*, Ricerche macro-i microscopiche sui centri nervosi. Torino 1887.

656) *Moshajeff*, Über aufsteigende Veränderungen im Cerebrospinalnerven bei Beschädigung seiner Peripherie. Newrolog. Westnik (russisch). Bd. II. H. 1.

657) *Mott*, Brain. 1891.

658) — The bipolar cells of the spinal cord. Brain. Bd. XIII.

659) — Ascend. degeneration. Brain. 1892.

660) — Experimental enquiry upon the afferent tracts of the central nervous system of the monkey. Brain. 1895. Bd. LXIX. p. 1.

661) — Die zuführenden Kleinhirnbahnen des Rückenmarkes bei den Affen. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. Februar 1897.

662) *Müller*, Beiträge z. Pathol. d. Rückenmarkes. Leipzig 1871.

663) — Über einen Fall von Tuberkulose des oberen Lendenmarkes mit besonderer Berücksichtigung der sekundären Degenerationen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1897. Bd. X. H. 3 u. 4. S. 273—291.

664) *Munk*, Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Phys. 1878.

665) *Münzer*, Beiträge zum Aufbau des Centralnervensystems. Prag. med Wochenschr. 1895. Jahrg. XX. Nr. 42.

666) *Münzer, E.* und *Wiener, H.*, Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems. Prag. med. Wochenschr. 1895. Jahrg. XX, No, 14.

667) *Muratoff, W.*, Sekundäre Degenerationen des Balkens. Wratsch (russisch) 1892. Nr. 42.

668) — Westn. klin. i szud. psich. (russisch) 1888 (absteigende Degeneration der Schleife bei amyothrophischer Lateralsklerose).

669) — Sekundäre Degenerationen nach Zerstörung der motorischen Sphäre des Gehirns in Verbindung mit der Frage v. d. Lokalisation d. Hirnfunktionen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893. S. 97 ff.

670) — Sekundäre Degenerationen bei Herderkrankungen der motorischen Sphäre der Hirnrinde. Exp.-pathol. Unters. Moskau 1893. S. 5 (russisch).

671) — Sekundäre Degeneration nach Zerstörung des Balkens. Neurolog. Centralbl. 1894.

672) — Zur Pathologie der Gehirndegenerationen bei Herderkrankungen der motor. Sphäre der Rinde. 2 Abbild. Neurol. Centralbl. 1895. Bd. XIV. S. 482.

673) — Zur Pathologie der Gehirndegeneration bei Herderkrankungen der motorischen Sphäre der Rinde. Neurolog. Centralbl. 1898. Nr. 11.

674) *Muchin*, Zur Lehre vom histol. Aufbau d. verl. Markes. Arch. psich., newrol. i szud. psichopat. 1892.

675) *Nageotte*, Revue neurol. 1895. Nr. 12—14.

676) *Nedswecki*, Zur Frage nach den Veränderungen im Nervensystem und in den inneren Organen nach Resektion des Vagus und Sympathicus. Schriften d. Inst. f. Allg. Pathol. (russisch). Heft 2. Moskau 1897. S. 695 ff.

677) *Nikolajew, A.*, Newrolog. Westn. 1894. Nr. 4 (russisch).

678) *Nuir*, Virchows Jahresbericht 1891.

679) *Nussbaum*, Über die wechs. Beziehungen zwischen den centralen Ursprungsgebieten der Augenmuskelnerven. Wiener med. Jahrbücher 1887. Bd. II. S. 487 ff.

680) — Über den Klangstab nebst Bemerkungen über den Acusticusursprung. Wien. med. Jahrb. 1888.

681) *Obersteiner*, Der centrale Ursprung des N. glossopharyngeus. Biolog. Centralbl. 1880. Bd. I.

682) — Über den centralen Ursprung einiger Hirnnerven. Wiener med. Wochenschr. 1880. B. XXX. Nr. 25. S. 717.

683) — Anzeig. d. K. Gesellsch. d. Ärzte in Wien. 1880.

684) — Eine partielle Kleinhirnatrophie. Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XXVII.

685) — Über interfibrilläre Fettdegeneration der Muskelfasern an einer hemiatrophischen Zunge. Arb. a. d. Inst. f. An. u. Phys. d. Centraln. 1895. Bd. III.

686) — Anleitung z. Studium des Baues der nervösen Centralorgane. Wien und Leipzig 1896.

687) *Onufrowitz*, Experim. Beitrag zur Kenntnis des Ursprungs des N. acusticus des Kaninchens. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XVI. H. 3.

688) — Das balkenlose Mikrocephalengehirn Hoffmann. Arch. f. Psych Bd. XVIII. H. 2.

689) *Oppenheim*, Neue Beiträge zur Pathologie der Tabes. Arch. f. Psych. Bd. XVIII.

690) *Ossipoff, W.*, Anatomische Untersuchung der centralen Endigungen des N. vagus. Newrolog. Westn. (russisch). Bd. III und IV. H. 1. S. 89. H. 2. S. 25.

691) *Otti* et *Rossi*, Arch. Ital. de Biol. 1890. Bd. XIII.

692) — Arch. ital. de Biologie. 1891.

693) *Owsjannikoff*, Übersicht der Forschungen über das Parietalauge etc. Westn. Jestesstw. (russisch). 1891.

694) *Oxborn*, The origin of the corpus callosum. Morph. Jahrb. Bd. XII.

695) *Ozeretzkowski*, Beiträge zur Frage vom centralen Verlaufe des Gehörnervs. 7 Fig. im Text. Arch. f. mikrosk. Anat. 1895. Bd. XLV. H. 3. S. 450.

696) *Paccetti, G.*, Sopra il nucleo di origine del nervus abducens. Ric. fatte nel laborat. di anat. norm. d. R. univ. di Roma 1895. Bd. V. H. 2. S. 121.

697) *Pal*, Neurol. Centralbl. 1892. Nr. 6. S. 192.

698) *Paladino*, Annali di Nevrologia, 1895. Bd. XIII. Arch. Ital. de Biol. Bd. XII.

699) — Les effets de la résection des racines sensitives de la moelle épinière et leur interprétation. Arch. ital. de Biol. 1895. Bd. XXIII. 2 Avril.

700) *Parrot*, Sur le développement du cerveau chez les enfants. Arch. de phys. norm. et path. 1879. 2 S. T. VI.

701) *Patrik*, Arch. f. Psych. 1893. Bd. XXV. H. 3. S. 831.

702) — Journal of nervous and mental disease. 1896. Febr.

703) — On the course and destination of Gowers tract. Journ. of nerv. and ment. Diss. 1896. Bd. XXI. H. 2. S. 85.

704) — Über aufsteigende Degeneration. Arch. f. Psych. Bd. XXV.

705) *Pawlowski, A.*, Über den Faserverlauf in der hinteren Gehirncommissur. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1874. Bd. XXIV.

706) *Pellizzi*, Contribution à l'anatomie et à la physiologie des voies cérébelleuses. Arch. italiennes de Biologie. T. XXIV. fasc. 1.

707) — Degen. cons. a lesioni cerebellari. Riv. sper. di freniatria. 1895.

708) — Sulle degenerazioni secondari a lesioni cerebellari. Riv. Sperimentale di Freniatria e di Medicina legale 1895. Bd. XXI. H. 1.

709) — Sul decorso nel bulbo, nel cervello posteriore e nel cervelletto delle fibre degenerate in linea ascendente nei fasci periferici del cordone antero-laterale, e sui rapporti che contraggono i resti dei cordoni posteriori col corpo restiforme. Torino, Spandre e Lazzari 1895.

710) — Sur les dégénérescences sécondaires, dans le système nerveux central, à la suite de lésions de la moelle et de la section de racines spinales. Contribution à l'anatomie et à la physiologie des voies cérébelleuses. 3 Taf. mit 41 Fig. Arch. ital. de Biol. 1895. Bd. XXIV. H. 1. S. 89.

711) — Nuove ricerche sperimentali sulle degenerazioni secondari spinali. Annali di Freniatria e Scienze affini del R. Manicomio di Torino. Separat: Torino 1896.

712) — Contributo alla conoscenza delle degenerazioni secondari del midollo spinale. Annali di Freniatria e scienze affini. 1894.

713) *Perlia*. Fortschr. d. Med. 1889. Bd. VII. 2.

714) — Über ein neues Opticuscentrum beim Huhne. Graefe's Archiv. 1889. Bd. XXXV.

715) — Die Anatomie des Oculomotoriuscentrums beim Menschen. Graefe's Arch. 1889. Bd XXXV.

716) *Pick*, Zur Histologie d. Clarke'schen Säulen. Med. Centralbl. 1878.

717) — Untersuchungen über die topographischen Beziehungen zwischen Retina, Opticus u. gekreuztem Tractus opticus beim Kaninchen. Nova Acta d. k. Leop. Carol. Akad. d. Naturf. 12 Taf. 1895. Bd. LXVI. 1.

718) *Pineles*, Arb. aus. d. Institut f. Anat. herausg. v. Prof. *Obersteiner*.

719) — Die Veränderungen im Sakral- u. Lendenmarke bei Tabes dorsalis, nebst Bemerkungen über das dorsomediale Sakralbündel. Arb. aus d. Inst. f. Anat. u. Physiol. d. Centralnervensystems an d. Wiener Univ., herausgeg. von Prof. *Obersteiner*. 4. Heft. Leipzig u. Wien 1896. Deuticke.

720) *Pitres*, Distribution topographique des dégénér. sécond. etc. Arch. de Physiol. 1884.

721) — Des dégénér. séc. de la moelle épinière etc. Gaz. méd. de Paris 1877. Nr. 3. S. 27.

722) *Pitres*, Nouveaux faits relatifs à l'étude des dégénér. bilater. de la moelle épinière. Progr. med. 1882. Nr. 27. S. 528.

723) *Ponjatowski*, Über die Trigeminuswurzel im Gehirne des Menschen etc. Jahrbücher f. Psychiatrie u. Nervenkr. 1892. Bd. X. S. 98 ff.

724) *Popoff*, *N.*, Arch. de Neurologie. 1889. Bd. XVII.

725) — Ueber den Verlauf des als Conductor sonorus bekannten Faserstranges. Newrolog. Westn. (russisch). Bd. III. H. 1. Zeitschr. f. Nervenh. Bd. VII.

726) — Über den Bau d. Chiasma opticum beim Menschen. Wratsch (russisch) 1893. Nr. 3.

727) — Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes. Medic. Obosr. (russisch). 1887. Nr. 14.

728) — und *Flechsig*, *P.*, Ursprungsgebiete d. Fasern d. vord. Kommissur in d. Hirnrinde d. Menschen. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 22. S. auch Wratsch (russisch) 1886.

729) *Popoff*, *A.*, Über den Bau des Kleinhirns und des verlängerten Markes. Inaug.-Dissert. (russisch). Charkow 1895.

730) *Pribytkoff*, Der Verlauf der Sehnerven (russisch). Moskau 1895.

731) — Tumor an der Grenze des Hals- und Brustmarkes mit Pupillenerscheinungen. Wratsch (russisch) 1898. Nr. 9. S. 264.

732) *Pupin*, *Ch.*, Le neurone et les hypothèses histologiques sur son mode de fonctionnement. Paris, Steinheil 1898.

733) *Pusateri*, *Ercole*, Sulla fina anatomia del ponte di Varolio nell'uomo. Riv. di patol. nerv. e ment. I. 1. Firenze, Genn. 1896.

734) *Ramón y Cajal.* Anat. Anzeiger 1889. Nr. 3.

735) — Sur l'origine et la direction des prolongations nerveuses de la couche moléculaire du cervelet. Intern. Monatsschr. f. Anat. und Physiol. 1889. Bd. VI.

736) — Sobre ciertos elementos bipolares de cerebelo joven. Gaceta Saniataria Barcelona 1890.

737) — Sobre las fibras nerviosa de la cafa granulosa del cerebele. Riv. trim. de Histol. 1889 u. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1890.

738) — Gaceta médica catalona. 1890. Ref. in Neurol. Centralbl. 1891. Nr. 22.

739) — Sur la fine structure du lobe optique des oiseaux et sur l'origine reélle des nerfs optiques. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1891. Bd. VIII. H. 9. Nr. 1.

740) — Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertébrés. Paris 1894. Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems. Arch. f. Anatomie und Entwickelungsgeschichte. 1893. S. 319 ff.

741) — L'anatomie de la moelle épinière.

742) — Rivista trimestral de Histologia 1888—89.

743) — Estructura del bulbo olfatorio de los aves. Gaz. sanit. de Barcelona 1890.

744) — Investigaciones sobrelos, centros opticos. Tesis del doctorado. 1890.

745) — Sur la structure de l'écorce cérébrale des quelques mammifères. La Cellule 1891.

746) — Puente de Varolio Ganglios cerebellogos. Annales de la sociedad de historia natural. 1894.

747) — Estructura del ganglio de la habenula des les mammiferes. Annales de la Sociedad española de historia natural. 1894. Bd. XXIII.

748) — Annales de la Sociedad española de historia natural. Madrid 1849.

749) — Investigaciones micrográficas en el encéfalo de los batricios. Zaragoza 1894.

750) *Ramón y Cajal,* Corps striés. Bibliogr. anat. 1895.
751) — Beiträge zur feineren Anatomie des Grosshirns. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. LVI.
752) — Apuntes para et Studio del bulbo raquideo etc. Madrid 1895.
753) — Nouvelles contributions à l'étude histologique de la rétine et à la question des anastomoses des prolongements protoplasmiques. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. Sept.-Okt. 1896. Bd. XXII. H. 5. S. 481.
754) — Journal de l'Anatomie 1896.
755) — Beiträge zum Studium der Medulla oblongata. Leipzig 1896. S. 75—101.
756) *Rauber,* Lehrbuch d. Anatomie des Menschen. Bd. II. Nervenlehre und Sinnesorgane. Leipzig 1897.
757) — Über die Lage des Trochleariskernes. Neurol. Centralbl. 1894.
758) *Rawitsch,* Neurol. Centralbl. 1895. No. 34.
759) *Raymond* et *Artand,* Le trajet intra-cérébral de l'hypoglosse. Arch. de Neurologie. Bd. VII.
760) — et *Nageotte,* Deux cas de tumeur du canal rachidien comprimant la moelle. Journal de Neurologie et d'hypnologie de Bruxelles. 1896. Nr. 1 u. 2.
761) *Redlich,* Die hinteren Wurzeln d. Rückenmarks. Arb. a. d. Inst. f. Anat. u. Phys. d. Centralnerv. Wien 1892. Bd. I.
762) — Sur les cellules nerveuses multipolaires et la théorie de neurone de *Waldeyer.* Bull. méd. de Paris 1895. Bd. IX. S. 193.
763) — Über die anatomischen Folgeerscheinungen ausgedehnter Exstirpationen der motorischen Rindencentren bei der Katze. Neurol. Centralbl. 1887. Nr. 18. S. 818.
764) *Reimers,* Vortrag in der wiss. Versamml. d. Ärzte d. Klinik für Nerven- u. Geisteskrankh. in St. Petersburg. Obosrenije Psichiatrii (russisch). 1897.
765) *Retzius,* Die Endigungsweise der Riechnerven. Biol. Unters. 1892.
766) — Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde. Biol. Unters. 1892. Bd. III.
767) — Die *Cajal*schen Zellen der Grosshirnrinde. Biolog. Unters. N. F. Bd. V.
768) — Das Menschenhirn. Studien in der makroskopischen Morphologie. Mit einem Atlas von 96 Tafeln in Lichtdruck u. Lithographie. Stockholm 1896.
769) *Richter,* Arch. f. Psych. 1885. Bd. XVI.
770) — Zur Frage der optischen Leitungsbahnen des menschlichen Gehirns. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XII. H. 3.
771) *Rietz, Emil,* Beitrag zur Kritik der balkenlosen Gehirne. Dissertation. Berlin 1894.
772) *Rindfleisch,* Zur Kenntnis der Nervenendigungen in der Hirnrinde. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XIII.
773) *Robinson, Arthur,* On the formation and structure of the optic nerve and its relation to the optic stalk. 1 Pl. Journ. of Anat. and Physiol. 1896. Bd. XXX. N. S. X. 3. S. 319.
774) *Roller,* Die Schleife. Arch. f. mikrosk. Anatomie. 1881. Bd. XIX.
775) — Der centrale Verlauf des N. accessorius Willisii. Allgem. Zeitschrift f. Psychiatrie. 1881. Bd. XXXVII. S. 469 ff.
776) — Die cerebralen und cerebellaren Verbindungen des 3.—12. Hirnnervenpaares. Die spinalen Wurzeln der cerebralen Sinnesnerven. Allg. Zeitschrift f. Psychiatrie. 1882. Bd. XXXVIII. S. 228 ff.
777) — Ein kleinzelliger Hypoglossuskern. Arch. f. mikroskop. Anatomie. 1887. Bd. XIX.

778) *Roller*, Die cerebral. Verbindungen d. dritten bis zwölften Hirnnervenpaares. Zeitschr. f. Psych. Bd. XXXV.

779) — Eine aufsteigende Acusticuswurzel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XVIII.

780) *Romanoff*, Zur Frage von den centralen Verbindungen der motorischen Hirnnerven. Vorl. Mitteil. Neurolog. Centralbl. 1898. Nr. 13.

781) *Rosenbach, P.* und *Erlitzki, A.*, Der Bau des Gehirnstammes in: Grundzüge der mikrosk. Anatomie des Menschen u. der Tiere, herausg. von *Lawdowski* u. *Owsjannikoff*. 1888. Bd. II. (russisch.)

782) *Rossolymo*, Ein Fall von totaler Degeneration eines Hirnschenkelfusses. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 7.

783) — Zur Frage über den weiteren Verlauf d. Hinterwurzelfasern im Rückenmarke. Neurol. Centralbl. 1886. Nr. 17.

784) — Zur Frage über d. Ursprung u. weit. Verlauf d. Hinterwurzelfasern im Rückenmark. Neurol. Centralbl. 1886.

785) — Inaug.-Dissertation (russisch). Moskau 1887.

786) — Westn. klin. i szud. psich. (russisch). 1890.

787) — Zur Physiologie der Schleife. Arch. f. Psych. Bd. XXI.

788) *Rothmann, Max*, Über die Degeneration der Pyramidenbahnen nach einseitiger Exstirpation der Extremitätencentren. 6 Abbild. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. S. 494 und 530.

789) *Russel*, Defectiv development of the centralnervous system of a cat. Brain. Spring. 1895.

790) — Proceed. of the R. Society. Vol. LVI, 33.

791) *Rychlinski, K.*, Ein abnormes Faserbündel am Boden des IV. Ventrikels. Newrolog. westn. (russisch). Bd. II. H. 1.

792) — Das Hemisphärenmark des menschlichen Grosshirns. Leipzig 1892.

793) *Sachs*, Vorträge über Bau und Thätigkeit des Grosshirns. Breslau 1893.

794) — Über sekundäre atrophische Vorgänge in den Kernen der Augenmuskelnerven. Arch. f. Ophthalmol. 1896. Bd. XLII. H. 3. S. 40.

795) — Ein Beitrag zur Frage des frontooccipitalen Associationsbündels mit Demonstrationen. Allgem. Ztschr. f. Psychiatrie u. psych.-gerichtl. Med. Bd. LIII. H. 1. S. 181. Autoreferat.

796) *Sala*, Sull'origine dell nervo acustico. Monitoro Zoologico Italiano. 1891. Nr. 11. Sep.-Abdr.

797) — Arch. f. mikr. Anat. 1893.

798) — Zur feineren Anatomie des Seepferdefusses. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LII.

799) *Salzer*, Die Anzahl der Sehnervenfasern und der Retinazapfen im Auge des Menschen. Wien. Sitzber. 1880. Bd. XCI.

800) *Sante de Santis*, Contributo alla conoscenza del corpo mammillare del uomo. Ric. labor. anat. Roma. 1894.

801) — Ricerche anatomiche sul nucleus funiculi teretis. Rivista sperimentale. 1895. Bd. XXI. H. 4.

802) — Nucleus funiculi teretis e nucleo intercalato (*Staderini*). Monitoro zoologico italiano. 1896. Bd. VII. Nr. 3.

803) — A proposito di un nucleo di cellule nervose intercalato tra i nuclei d'origine del vago e dell'ipoglosso. Monitoro zoologico italiano. 1896. Bd. VII. Nr. 1.

804) *Scarpaletti*, Befund von Kompression und Tuberkulose im Rückenmark. Jahrb. f. Psych. und Neurol. 1897. Bd. XV. H. 2—3.

805) *Schaffer*, Die morphol. u. histol. Entwickelung des Kleinhirns der Teleostier. Morph. Jahrb. 1894. Bd. XXI.

806) — Virchows Archiv 1890. Bd. CXXII.

807) *Schaffer*, Beitrag zur Histologie d. sekundären Degeneration. Arch. f. mikrosk. Anat. 1894. Bd. XLIII.
808) — Arch. f. mikr. Anatomie. 1894. Bd XLIII.
809) — Über die zeitliche Reihenfolge d. sekundären Degeneration in d. einzelnen Rückenmarkssträngen. Neurol. Centralbl. 1895. Bd. XIV. Nr. 9.
810) *Schäfer, E. A.*, Report on the lesions primary and secondary in the brain and spinal cord etc. The journ. of Physiology. 1884. Bd. V. S. 49.
811) *Schäffer, O.*, Über die Ursprungsverhältnisse des Nervus hypoglossus. Dissertation. Erlangen 1889.
812) — Beitr. zur Histol. d. Ammonshornformation. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXIX.
813) *Schiefferdecker, P.*, Über Regeneration, Degeneration und Architektur des Rückenmarks. Virch. Arch. 1876. Bd. LXVII.
814) — Beitrag zur Kenntnis des Faserverlaufs im Rückenmark. Arch. f. mikroskop. Anatomie. 1884. Bd. X.
815) *Schiff*, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. 1858—59.
816) — Über die Erregbarkeit des Rückenmarkes. Pflügers Arch. Bd. XXX.
817) *Schiller, H.*, Compt. Rend. 1889.
818) *Schlesinger, K.*, Über das wahre Neuron d. Rückenmarks. Neur. Centralbl. 1895. Bd. III.
819) — Syringomyelie. Wien 1895.
820) — Über d. Verlauf d. Schmerz- und Temperatursinnesbahnen im Rückenmarke. Verh. d. phys. Clubs zu Wien. 26. März 1895.
821) — Beiträge zur Kenntnis der Schleifendegenerationen. Arbeiten aus d. Laborator. d. Prof. *Obersteiner* in Wien. 1896. Heft 4.
822) — Bemerkungen über den Aufbau der Schleife. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. Nr. 4.
823) *Schmaus*, Virchows Arch. 1890. Bd. CXXII.
824) *Schnopfhagen, F.*, Beiträge zur Anatomie des Sehhügels und dessen nächster Umgebung. Sitzb. d. Wiener Acad. 1877. Bd. LXXVI. III. Abt.
825) — Die Entstehung d. Windungen d. Grosshirns. Wien 1890.
826) *Schraeder*, Inaug.-Dissert. Halle 1884.
826a) *Schtscherbak*, Über den Flockenstiel. Neurolog. Centralbl. 1893. Nr. 7.
827) *Schütz*, Anatomische Untersuchungen über den Faserverlauf im centralen Höhlengrau und Nervenfaserschwund in demselben bei der progressiven Paralyse der Irren. Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1891. Bd. XXII. S. 527 ff.
828) — Berl. kl. Woch. 1882.
829) — Arch. f. Psych. 1883. Bd. XIV. H. 3.
830) — Anatomische Untersuchungen über den Faserverlauf im centralen Höhlengrau. Arch. f. Psych. Bd. XXI.
831) *Schultze*, Beitrag zur Lehre von der sekundären Degeneration im Rückenmarke des Menschen etc. Arch. f. Psychiatrie Bd. XIV. Hft. 2.
832) *Schwalbe*, Lehrbuch der Neurologie. Erlangen 1881.
833) — Über die Gliederung des Oculomotoriushauptkerns u. die Lage der den einzelnen Muskeln entsprechenden Gebiete in demselben. Neurol. Centralbl. 1896. Bd. XV. Nr. 17.
834) *Semi-Meyer*, Über eine Verbindungsweise der Neuronen. Arch. f. mikr. Anat. 1896. Bd. XLVII. H. 4.
835) *Senator*, Archiv f. Psychiatrie. Bd. XIX.
836) *Sherrington*, Journ. of. Physiol. 1886. Bd. VI.
837) — Note on two newly described tracts in the spinal cord. Brain 1887.

838) *Sherrington*, Note on bilateral degeneration in the pyram. tracts etc. The British med. Journ. 4. Jan. 1890. S. 14.

839) — Note on experim. degeneration of the pyram. tract. Lancet. 1894. S. 265.

840) — Journ. of physiol. 1889.

841) — Journ. of physiol. 1893. Vol. XIV.

842) — Note on the spinal portion of some ascending degenerations. Journal of Physiology. 1893. Vol. XIV. Nos. 4 et 5. S. 299—300.

843) — On second and tert. degener. Journ. of Phys. Bd. XIII u. XIV.

844) — and *Hadden*, Bilateral degeneration of the spinal cord. Brain 1888.

845) *Shukoff*, Inaugural-Dissertation (aus dem anatomisch-physiologischen Laboratorium von Bechterew). St. Petersburg 1895.

846) *Sibut*, De l'atrophie cérébrale. Paris 1890.

847) *Siebert, Friedrich*, Die Eintrittsstellen der hinteren Wurzeln in das Rückenmark u. ihr Verhalten bei Tabes dorsalis. Inaug.-Diss. München 1895. 8⁰. 34 S. mit 1 Tafel.

848) *Siemerling*, Anat. Unters. über die menschl. Rückenmarkswurzeln. 1887.

849) *Singer, J.*, Über sekundäre Degeneration im Rückenmarke des Hundes. Sitzb. d. wiener. k. Akademie der Wissensch. 1881. Bd. LXXXIV. Abt. III.

850) *Singer* und *Münzer*, Beiträge zur Kenntnis der Sehnervenkreuzung. Denkschr. d. Wien. Akad. 1888. Bd. LV.

851) — Abh. d. mathem.-naturw. Klasse d. k. k. Akademie d. Wissenschaften. Wien 1890.

852) — Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems, insbesondere des Rückenmarkes. Wien. Denkschr. d. kais. Akademie. 1890.

853) — Denkschriften d. math.-naturwiss. Kl. d. k. k. Akademie d. Wissensch. Bd. LV.

854) *Sioli*, Centr. f. Nervenheilk. 1888. Bd. XI.

855) — Über die Fasersysteme im Fuss des Grosshirnschenkels und Degeneration derselben. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. 1889. Bd. XLIV.

856) *Smirnoff, A.*, Materialien zur Histologie des peripheren Nervensystems der Batrachir (russisch). 1891.

857) *Smith, G. Elliot*, The connection between the olfactory bulb and the hippocampus. 2 Fig. Anatom. Anzeiger 1894. Bd. X. Nr. 15. S. 470.

858) — The Morphology of the true limbic lobe, c. callosum, septum pellucidum, and fornix. Journ. of Anatomy 1895. Vol. XXX.

859) — The fornix superior. Journ. of Anat. and Physiol. 1896. Vol. XXXI. N. S. XI. 1. S. 80.

860) *Sorensen*, Comparative study of the epiphysis and roof of the diencephalon. Journ. of comp. Neurolog. 1894. Bd. IV.

861) *Sottas*, Revue de méd. 1893. Bd. XII. Nr. 4.

862) *Souques*, Bull. de la soc. de Biol. Mai 1895.

863) — et *Marinesco*, Compt. rend. de soc. de Biol. 1894.

864) *Spitzka*, The americ. journ. of neurol. and psych. 1883. Vol. II.

865) — Contribution to the Anatomy of the lemniscus. The medic. Record. 1884.

866) — Über einige durch die „Atrophie-Methode" erzielte Resultate, hauptsächlich die Commissura posterior betreffend. Neurol. Centralbl. 1885. Nr. 11.

867) — Neurol. Centralbl. 1885. S. 24.

868) — The intra-axial course of the auditory tract. 1886.

869) — The comparative anatomy of the pyramidal tract. Journ. of compar. med. and surg. 1886.

870) *Spitzka*, New-York med. journ. Okt. 1888.

871) — The oculo-motor centres and their coordination. The journ. of nerv. and ment. dis. 1888.

872) *Ssuchanoff*, Arch. de neurol. 1897. — Fragen der Philosophie und Psychologie (russisch). 1897.

873) *Staar*, Ophthalmoplegia externa partialis. Journ. of nerv. and ment. dis. 1888.

874) *Staderini*, *R.*, Sopra un nucleo di cellule nervose intercalato tra i nuclei di origine del vago e dell'ipoglosso. Monitoro zoologico italiano 1894. Bd. V. Nr. 8.

875) — Ricerche sperimentali sopra la origine reale del nervo ipoglosso. Internat. Monatsschr. f. Anatomie u. Physiologie. 1895. Bd. XII. S. 226—247.

876) — Ricerche sperimentali sopra la origine reale del nervo ipoglosso. (con 2 tav.) Internat. Mon.-Schr. f. Anat. u. Physiol. 1895. Bd. XII. H. 4.

877) — Sur un noyau des cellules nerveuses intercalé entre les noyaux d'origine du vague et de l'hypoglosse. Ist. anat. de Florence. Arch. ital. de Biol. 1895. Bd. XXIII. 1—2. S. 41.

878) — Ubicazione e rapporti di alcuni nuclei di sostanza grigia della midolla allungata (nucleo triangolare dell'acustico, nucleo terminale del vago, nucleo dell'ipoglosso e nucleo funiculi teretis). Internat. Mon.-Schr. f. Anat. u. Physiol. 1896. Bd. XIII. H. 9. 10.

879) — A proposito di un nucleo di cellule nervose intercalato tra i nuclei d'origine del vago e dell'ipoglosso. Monitoro zoologico italiano 1896. Bd. VII. Nr. 1.

880) *Starlinger*, *Josef*, Die Durchschneidung beider Pyramiden beim Hunde. Neurol. Centralbl. 1895. Bd. XIV. S. 390.

881) — Die Durchschneidung beider Pyramiden beim Hunde. Jahrb. f. Psychiatr. u. Neurol. 1896. Bd. XV. H. 1.

882) *Staurenghi*, Note di anatomia comp. interno al velum med. ant. Atti. dell. Assoc. med. Lombard 1892.

883) — Corpi mammillari laterali. Atti dell. assoc. med. Lombard. 1893.

884) *Stephanowska*, *M.*, Les appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs differents états physiologiques. Travaux du laboratoire de l'institut *Solvay*. Bruxelles 1898. L'Année psych. 8. IV. 1898.

885) *Stieda*, Über den Ursprung der spinalartigen Hirnnerven. Dorpater medizinische Zeitschrift. Dorpat 1873.

886) *Stilling*, *B.*, Über die Medulla oblongata. Erlangen 1843.

887) — Über den Bau des Hirnknotens oder der Varolischen Brücke. Jena 1846.

888) — Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks 1857—1859.

889) — Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns des Menschen. Kassel 1864. 1867. 1878.

890) — Untersuchungen über den Bau der optischen Centralorgane. Basel 1882.

891) — Zur Erforschung des Centralnervensystems. *Schwalbes* morphol. Arbeiten 1894.

892) *Strümpell*, Pathologie und Therapie. 1896.

893) — Arch. f. Psych. Bd. 10. H. 3. S. 676.

894) — Arch. f. Psychiatrie. Bd. XI. S. 67.

895) *Stuelp*, *O.*, Lehre von der Lage u. den Funktionen der einzelnen Zellgruppen des Oculomotoriuskerns. 5 Fig. Arch. f. Ophthalmol. 1895. Bd. XLI. Heft 2.

896) *Takáks*, Über den Verlauf der hinteren Wurzelfasern im Rückenmarke etc. Neurol. Centralbl. 1887.

897) *Targowla*, Les fibres nerveuses intracorticales. Thèse de Paris 1890.

898) *Tartuferi*, Studio comparativo del tratto ottico e dei corpi genicolati. Torino 1881.

899) — Contributo anatomico sperimentale alla conoscenza del tratto ottico e degli organi centrali dell'apparato della visione. Torino 1881.

900) — Sull'anatomia muinta dell'eminenze bigemine anteriori. Archivio ital. p. I. mal. nerv. 1885.

901) *Teljatnik, F.*, Inaug.-Dissertation. (Aus d. anatomisch-physiologischen Laboratorium von W. Bechterew.) St. Petersburg 1896. Russisch.

902) — Über die Verbindungen des Kleinhirns. Newrolog. Westn. Russisch. Bd. V. H. 3.

903) *Thomas*, Développement des cellules de l'écorce. Soc. d. Biol. 1894.

904) — Contrib. à l'ètude exper. des deviations conjugéés des yeux etc. Soc. de Biologie 14 Mars 1896.

905) — Lésion sous-cortical du cervelet etc. Soc. de Biol. 1896.

906) — Le faisceau cérébelleux descendant. Soc. de Biol. 2 Janvier 1897.

907) — Lec. cervelet. Paris 1897.

908) — Sur les fibres d'union de la moelle avec les autres centres nerveux et principalement sur les faisceaux cérébelleux ascendants. Soc. de Biologie 23 Janvier 1897.

908a) *Timmer*, Proefschrift. Utrecht 1889.

909) *Tooth*, Second. degeneration. London 1889.

910) — Gulstonian lectures. Degeneration of Spinal cord. 1890.

911) — Brain. 1892. Bd. XV.

912) — On the destination of the antero-lateral tract. Brain. 1892.

913) *Trapeznikoff, A.*, Inaug.-Dissertation. (Aus dem anatomisch-physiologischen Laboratorium von W. Bechterew.) St. Petersburg 1897.

914) *Trolard*, Appareil nerveux de l'olfaction. Arch. de Neurol. Bd. XXI u. XXII.

915) *Tschermak*, Neurolog. Centralbl. 1898. Nr. 5.

915a) *Tschish, W.*, Untersuchungen zur Anatomie der Grosshirnganglien des Menschen. Ber. d. math.-physik. Klasse d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1886.

916) *Tuczek*, Über die Anordnung der markhaltigen Nervenfasern in der Grosshirnrinde. Neurolog. Centralbl. 1882.

917) — Beiträge zur pathologischen Anatomie der Dementia paralytica. Berlin 1884.

918) *Türck*, Sitzb. d. Wiener Akademie 1851. Bd. VI. 1853. Bd. XI.

919) — Zeitschr. d. Ärzte zu Wien 1850. H. 1.

920) — Sitzungsb. d. Kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. 1851. Bd. VI. H. 3. S. 288 u. 1853, Bd. XI. H. 1.

921) — Über ein bisher unbekanntes Verhalten des Rückenmarks bei Hemiplegien. Zeitschrift der Ärzte zu Wien 1850. H. 1.

922) — Über sek. Erkrankungen einzelner Rückenmarkstränge und ihrer Fortsetzungen zum Gehirne. Sitzb. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien 1851, 1853 u. 1855.

923) *Turner*, Atrophie cérébrale avec atrophie et dégénérations dans une moitié du corps. Soc. de Biologie 1872.

924) — De l'atrophie unilat. du cervelet. Paris 1856.

925) — Connexions centrales de certains craniens. British medic. Journ. 1894.

926) *Usher* and *Dean, G.*, Experimental research on the course of the optic nerve fibres. Ophthalmolog. Soc. of the Unit. Kingdom Juli 3.

927) *Vejas, P.*, Experim. Beiträge zur Kenntnis der Verbindungsbahnen des Kleinhirns und des Verlaufs der Funiculi gracilis und cuneatus. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XVI.

928) *Vialet*, Les centres cérébraux de la vision et l'appareil nerveux visuel intracérébral. Paris 1893.

929) *Vignal*, Sur le développement des éléments de la substance grise corticale. Comptes rendus. 1886.

930) — Recherches sur le développement des éléments des couches corticales du cerveau et du cervelet. Arch. de Physiol. 1888.

931) *Viller*, Thèse. Nancy 1888.

932) *Vincenzi*, Sulla fina anatomia dell oliva bulbare dell'uomo. Atti della R. Akademia medica di Roma 2. 3. XIII. 3. 1886—1887. *Edingers* Bericht in Schmidts Jahrb. 1887.

933) *Virchow*, *H.*, Über Zellen in der Substantia gel. Rolandi. Neurolog. Centralbl. 1887.

934) — Verhandl. d. physiol. Gesellsch. Berlin 1888.

935) *Vogt*, Über Fasersysteme in den mittleren u. caudalen Balkenabschnitten. Dissertation. Leipzig, Veit u. Comp. 1894.

936) *Vulpius*, Über die Entwickelung und Ausbreitung der Tangentialfasern. Arch. f. Psych. Bd. XXIII.

937) *Wagner*, Über den Ursprung der Sehnervenfasern im menschlichen Gehirn. Inaug.-Dissert. Dorpat 1862.

938) — Centralbl. f. Nervenheilkunde 1886. Bd. IX.

939) — Zur Anatomie des Rückenmarks. Centralbl. f. Nervenheilkunde 1886.

940) *Waldeyer*, Abhandl. d. k. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin im J. 1888. Berlin 1889.

941) — Das Rückenmark des Gorilla etc. Abh. d. k. Akad. d. Wissensch. Berlin 1888. S. 20. Korr.-Bl. f. Anthropol. 1889.

942) *Wallenberg*, *Adolf*, Zur sekundären Bahn des sensiblen Trigeminus. Anatom. Anzeiger 1896. Bd. XII.

943) *Waller*, Sur la reproduction et sur la structure et les fonctions des ganglions spinaux. Müllers Arch. 1852.

944) — Comptes rendues 1852. S. 392.

945) *Weidenhammer*, *W.*, Zur Frage der absteigenden Degeneration d. Schleife. Sep.-Abdr.

946) — Mitteilungen d. Gesellsch. d. Neuropathol. u. Irrenärzte in Moskau. Sitzung am 20. XII. 1896. Russisch.

947) *Weigert*, Fortschr. f. innere Medizin 1884 u. 1885. II.

948) *Wenzel*, Beitrag zur Kenntnis der hereditären Ataxie und Kleinhirnatrophie. Arch. f. Psych. Bd. XXI.

949) *Werdnig*, Wien. med. Jahrb. 1888—89.

950) — Concrement in der Substantia nigra. Wien. med. Jahrb. 1888.

951) *Wernicke*, Ein Fall von Ponserkrankung. Sep.-Abdr.

952) — Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. Anatomische Einleitung. Kassel 1881. Bd. I.

953) — Atlas des Gehirns. Schnitte durch das menschliche Gehirn in photographischen Originalen.

954) *Wersiloff*, Zwei Fälle von Kompression des Rückenmarkes. Mitteilungen der Gesellsch. d. Neuropathol. u. Irrenärzte in Moskau. Sitzung am 30. Jan. 1898. Obosrenije psichiatrii (russisch) 1898.

955) *Westphal*, Arch f. Psych. 1870. Bd. II. S. 374 u. 415. Bd. X. H. 3. S. 788.

956) — Archiv f. Psychiatrie. Bd. XXIV. S. 838.

957) — *Virchows* Arch. Bd. XLVIII.

958) *Westphal*, Über einen Fall von chronisch.-progr. Lähmung d. Augenmuskeln. Arch. f. Psych. 1888. Bd. XVIII. H. 3.

959) — Arch. f. Psych. Bd. VII ff.

960) — Anatomischer Befund bei einseitigem Kniephänomen. Arch. f. Psych. Bd. XVIII.

961) — Neurol. Centralbl. 1888.

962) — Demonstration von Präparaten über die Markscheidenentwickelung der Gehirnnerven des Menschen. Centralbl. f. Nervenheilkunde und Psychiatrie 1896. Bd. XIX. N. S. Bd. VII. 82. S. 533.

963) — Über die Markscheidenbildung der Gehirnnerven des Menschen. Berl. Ges. f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten. Sitzung am 13. Juli 1896. Mit 2 Tafeln. Arch. f. Psychiatrie 1896. Bd. XIX. H. 2. S. 474.

964) *Wille*, Arch. f. Psych. Bd. XXVII. H. 5.

964a) *Winkler*, Secund. neerdalende degeneratie wan den must lateral gelegen bündel in den pes pedunculi cerebri. Weekbl. von het Nederl. Tijdschr. vor geneesk. 1886. XXIII.

965) *Witkowsky*, Beiträge zur Pathologie des Gehirnes. Arch. f. Psychiatrie 1883. Bd. XIV. H. 2.

966) *Wollenberg*, Arch. f. Psychiatrie 1888. Bd. XXI.

967) — Neurolog. Centralbl. 1898. Nr. 12.

968) *Woroschiloff, K.*, Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. Bericht der math.-phys. Klasse d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig 1874.

969) *Worotynski, B.*, Materialien zur Lehre von den sekundären Degenerationen im Rückenmarke. Inaug.-Dissertation. (russisch). Kasan 1897.

970) *Zacher*, Arch. f. Psych. Bd. XXII.

971) — Beiträge zur Kenntnis des Faserverlaufs im Pes pedunculi etc. Arch. f. Psychiatrie 1891. Bd. XXII. H. 3.

972) — Arch. f. Psych. Bd. XXII.

973) — Über drei Fälle von progressiver Paralyse. Arch. f. Psych. Bd. XIX.

974) — Über das Verhalten der markh. Fasern in der Hirnrinde. Arch. f. Psych. Bd. XVIII.

975) *Zander, R.*, Über die Anordnung der Wurzelbündel des Nervus oculomotorius beim Austritte aus dem Gehirn. Anatom. Anz. 1896. Bd. XII. S. 545.

976) *Zernoff*, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. III. Moskau 1891.

977) *Ziehen*, Arch. f. Psych. Bd. XVIII.

978) — und *Kückenthal*, Denkschr. d. Med. u. Naturwiss. zu Jena. Bd. III. H. 1. Jena 1889.

979) *Zinn*, Das Rindenfeld des Auges. Münch. med. Wochenschr. 1892.

980) *Zuckerkandl*, Über das Riechcentrum. Stuttgart 1887.

981) — Das Riechbündel. Anat. Anz. 1888.

982) — Anatomie der Nasenhöhle. 2. Aufl. 1893.

# Namen- und Sachregister.

Abducens 125, 183, 339.
*d'Abundo* 553.
Accessorius 19, 47, 151.
Acusticus 161, 123, 315.
Akromegalie 145.
Ala cinerea 153.
Alveus 470, 471.
Anomalien des verlängerten Markes 343.
Ansa nuclei lentiformis 240.
— peduncularis 241.
Aquaeductus Sylvii 137.
Area parabigemina 131.
*Arnstein* 157.
Associationsbahnen 56, 339, 414, 482, 556, 568, 585, 593, 636.
Associationscentra 437, 555, 637, 638.
Associationssystem, äusseres 577.
Associationszellen 25.
Atrophie 5.
*Auerbach* 79.
Augenbewegungen, reflektorische 143.
*Azonlay* 372.

*Baginski* 173, 176.
*Ballowitz* 611.
Bandelette diagonale 543.
*Barbacci* 36, 72, 90.
*Basilewski* 81, 82, 385, 389, 399, 410.
*Baumeister* 217.
*v. Bechterew* 176, 251, 285, 339, 343, 363, 427, 428, 430, 431, 435, 462, 509, 558, 604.
*Beevor* 428, 571, 572.
*Bell* 433.
*Bellonci* 520.
*Berdez* 36, 37, 65—67, 79.
*Berkeley* 139.
*Bernheimer* 192, 195, 206.
*Betz* 466.
*Bianchi* 436, 553.
*Biedl* 81, 97, 387, 388, 410.
*Bischoff* 72.
*Bleuler* 347.
*Blumenau* 19, 25, 541, 557.
*Bochefontaine* 430.
*Boettiger* 158.
*Bogatschoff* 348.
*Bogroff* 218.
*Borgherini* 35.
*Boyce* 80, 82, 268, 271, 273, 298.
*Bregmann* 181, 183, 184, 187, 188, 197, 340.
*Brero* 506.
*Broca* 543, 547, 548, 575.
*Brown-Séquard* 105.
*Bruce* 73, 87, 255, 274.
*Bruns* 65.
Bulbus olfactorius 441, 443, 593.
*Bumm* 176.
*Burdach* 568, 571.

Canales semicirculares 361.
Capsula interna 484.
*Carville* 440.
Cellulae: bipolares 201, 602.
— commissurales 19, 21.
— funiculares 19, 22, 25, 54.
— fusiformes 26.
— Golgianae 19, 25, 605.
— horizontales 200.
— interstitiales 117.
— marginales 17, 117.
— Martinottianae 461, 465, 620.
— mitrales 448, 620.
— Purkinje 364.
— pyramidales 454, 463, 470.
— radiculares 19, 20.
— terminales 18.
— unipolares 600, 602.
Centra, motorische 143, 145.
— optische 143.
— reflektorische 143, 144.
— respiratorische 143.
— wärmeregulatorische 145.
Centre médian 137.
Cerebellum 257, 359, 635.
*Charcot* 305, 426, 484, 496, 588.
Chiasma 203.
*Ciaglinski* 101.
Cingulum 571.
*Cionini* 137.
Claustrum 467.
Collateralen 55.
*Colleja* 547.
Commissura: anterior 49, 56, 548, 563.
— baseos alba 558.
— Guddeni 204, 296.
— Meynerti 221, 241, 295.
— posterior 42, 134, 297, 509.
— posthabenularis 543.
Conductor sonorus 173.
Cornu Ammonis 470.
Corpora: callosum 556.
— dentatum 359, 377.
— geniculata 137, 143, 296, 514, 521.
— mamillare 137, 138.
— parabigeminum 132, 240.
— quadrigemina 131, 132, 143, 144, 221, 267, 287, 340, 509, 635.
— restiforme 380, 390, 417.
— striatum 440, 550.
— subthalamicum s. Luysianum 136, 240.

Corpora: trapezoideum 324, 328, 337.
*Cramer* 179, 343.
Crura cerebelli 378.

*Darkschewitsch* 134, 195, 214—216, 219, 220, 242.
*David* 27.
*Daxenberger* 63, 65, 66, 70, 72, 79.
*Dees* 153, 155, 159.
Degeneration, kommaförmige 63.
— sekundäre 6.
*Dejerine* 72, 92, 253, 308, 497, 506, 520, 566, 569.
*Delbrück* 209.
*Demoor* 618.
Dendriten 607 ff.
Digitationes 546.
*Djeloff* 148, 149, 339.
*Dobrotworski* 64, 70, 101.
*Dogiel* 10, 200, 201, 610.
*Dufour* 72.
*Duret* 440.
*Durante* 74.
*Duval* 149, 161, 184, 192, 196, 340, 617, 618, 624.

*Edinger* 4, 32, 78, 80, 157, 192, 195, 207, 221, 239, 268, 271, 288, 290, 297, 387, 479, 480, 515, 516, 520, 542, 543, 548, 551, 552, 563.
*Ehrlich* 3, 199.
*Eisenlohr* 347.
*Elliot-Smith* 538.
Endhirn (Telencephalon) 425.
Endhirnganglien 481.
Entwickelungshemmung 5.
*Epstein* 343.
Espace quadrilatère *Broca* 547, 548.
*Eulenburg* 430.
Excentricität d. Rückenmarksbahnen 103.
*Exner* 433.

Facialis 181.
*Fajerstajn* 69, 81.
Fascia dentata 475.
Fasciculus aberrans 260, 271, 351.
— antero-lateralis 77, 88, 275, 379.
— Burdachi 32, 57.
— cerebello-spinalis 75, 85, 106, 276, 380.
— cerebralis 396.
— Golli 32, 57, 69.
— gyri cinguli 571.
— intermedius 75, 96. 106.
— lateralis *Ramón* 302.
— Löwenthali 101.
— longitudinalis dorsalis 264, 286, 339, 342, 350.
— — inferior 569.
— — medialis 342.
— — subcallosus 575.
— — superior 568.
— marginalis anterior 81, 106.
— medialis *Ramón* 316.
Fasciculus: medio-marginalis 37.
— nuclei caudati 554.
— olivaris 92, 98, 106.
— ovalis s. Türckii 506.
— Pickii 344.
— pontilis lateralis 318.
— retroflexus 287.
— medialis 275.
— solitarius 153, 158.
— spinalis 394.
— subcallosus 554.
— tegmentarius *Gudden* 283.
— tuberis cinerei 294.
— uncinatus 570.
— verticalis 287, 572.
— *Vicq d'Azyr* 284.
*Ferrier* 103, 360, 387, 409, 410, 428, 431, 433—436, 440, 506, 511, 516, 522, 533, 534, 561, 575.
Fibrae: arcuatae 310.
— — propriae 576.
— — posteriores 259.
— cerebello-olivares 385.
— Mülleri 199.
— periolivares 383.
— peripyramidales 384.
— retrotrigeminales 384.
Fila olfactoria 444.
*Flatau* 67, 73, 74, 103, 181, 548.
*Flechsig* 3, 37, 55, 71, 73, 75, 77, 86, 95, 164, 165, 173—176, 236, 243, 244, 251, 253, 256, 302, 332, 437, 438, 466, 499, 504, 505, 508, 523, 555, 565, 566, 570, 585, 637.
*Flourens* 360, 361.
Forceps 557.
*Forel* 19, 152, 153, 155, 158, 175, 221, 339, 406, 537.
Formatio reticularis 115, 143, 259, 299, 303, 634.
Fornix 535, 575, 593.
— longus 537.
*Foster* 82.
*Foville* 85.
*Franck* 491.
*Freud* 3, 28.
*Friedmann* 576.
*Fritsch* 426.
*Fryliusk* 506.
Fuss (Basis) 231.

Gangliennervensystem 11.
Ganglia basalia 513.
— commissurale 154.
— dorsale tegmenti *Gudden* 537.
— Gasseri 602.
— habenulae 290.
— interpedunculare 130, 288.
— mediale mesencephali 135.
— profundum tegmenti 283.
— spinalia 30, 602.
— subcorticalia 425.
*Ganser* 148, 206, 208, 221, 223, 549, 563, 564.
*Gaskell* 26, 44, 46.

*Gebhard* 251.
Gehirnstamm 112.
Gehörleitung 166, 322, 522.
*van Gehuchten* 94, 161, 184, 192, 221, 289, 444.
*Gerlach* 2, 10, 28.
Geschmackcentrum 435.
Geschmacksphäre 637.
Gesetz, *Waller*sches 606.
*Giacomini* 541.
*Gierke* 157.
*Giese* 19, 25, 71.
*van Gieson* 343.
Gigantismus 145.
Glandula pinealis 136.
*Glicki* 440.
Globus pallidus 136, 137, 145, 241, 294, 551, 593.
Glomeruli olfactorii 445.
Glossopharyngeus 120, 156.
*Golgi* 3, 9, 10, 19, 28, 33, 39, 55, 127, 444, 446, 470, 541, 600, 604, 607, 608.
*Goltz* 436.
*Gombault* 72.
*Gowers* 82, 88, 89, 314.
*Graaf* 136.
*Grabower* 151.
Granula 450.
*Greiwe* 254.
Grenzschicht 75, 86.
*Grünbaum* 401, 559.
Grundbündel 77, 250.
— des Corpus striatum 552.
*v. Gudden* 5, 130, 148, 155, 186, 192, 195, 204, 206, 208, 214, 215, 220, 221, 283, 284, 288, 513, 548, 549, 559, 564.
Gyri: centrales 466.
— cinguli 469.
— fornicatus 546.
— hippocampi 546.
— occipitales 468, 573.

*Hadden* 82.
*Hamilton* 561.
Haube 231.
Haubenbahn, centrale 300, 351.
Haubenkreuzung, centrale (*Forel*) 271.
Hauptschleife 233, 234.
*Heard* 343, 344.
*Hebold* 209.
*Held* 148, 165, 170, 180, 184, 188, 225, 245, 268, 269, 270, 271, 279, 310, 317, 324, 325, 329, 332, 343, 391, 392, 393, 407, 418, 419.
*Helweg* 92, 99.
*Henle* 343, 541.
*Henschen* 209, 212, 214, 215, 219, 253, 254, 255, 285, 291, 347, 518, 520, 566.
*Hensen* 198.
*Herrik* 480.
*Herwer* 305, 401, 434, 506.
Hinterstränge 57.
Hinterstrang-Kleinhirnbahn 259.
*Hirt* 428.
*His* 31, 227.
*Hitzig* 426.
*Hoche* 72, 282, 319, 320, 322, 494, 496, 499.
Höhlengrau 140.
Hörsphäre 637.
*Hösel* 243, 244, 253, 256, 318, 505, 508.
*Hofrichter* 36.
*Holzinger* 106.
*Homen* 254.
*Horsley* 428, 431, 432, 491.
*Hunnius* 347.
Hypoglossus 120, 146, 137, 139.
Hypophysis 145.

Infundibulum 139.
Insula Reilii 467.

*Jackson* 426.
*Jakowenko* 266.
*Jassukowski* 436.
*Jatzow* 209.
*Jelgersma* 301, 506.
*Jeo* 103.
*Jürmann* 351, 512, 532, 562.
*Juschtschenko* 299.

*Kaes* 581, 586, 587.
*Kahler* 27, 35, 64, 197, 250, 347.
*Kaiser* 27.
*Kam* 505, 506, 513.
*Karusin* 103.
*Kaufmann* 220, 575.
*Kausch* 191.
*Keibel* 227.
*Key* 215.
*Kirilzeff* 176, 177. 325.
Kletterfasern 369.
*Klimow* 405, 412, 414.
*Kljatschkin* 152, 159, 181, 189.
*Koch* 149, 152, 334, 339.
*v. Kölliker* 19, 41, 46, 55, 79, 94, 115, 157, 182, 183, 192, 195, 205, 225, 284, 285, 289, 387, 444, 538—542, 548, 563.
Körnerschicht s. unter Stratum.
Körnerzellen 369, 450.
Körpergleichgewicht 142, 360.
*Korolkoff* 19, 279.
*Kramer* 385, 396.
*Krause* 154.
*Krauss* 72.
*Kreuser* 506, 514.
Kreuzung, fontänenartige, *Meynert*sche 107, 132, 262, 268, 350.
— sensible 232.
— ventrale (*Forel*) 80, 107, 262.
*Kronthal* 343.
*Kückenthal* 174.
*v. Kupffer* 32.

*Laborde* 184, 196, 340.
Längsbündel des Hinterhorns 41.
Laminae medullares 551.
— — involuta 470, 475.
*Landois* 430.
*Langley* 400, 559.

*Larionoff* 435, 522, 523, 527, 531, 561, 562, 567, 573, 576.
*Lawdowski* 19, 55.
*Lazurski* 64, 70, 79, 123, 232, 238, 244, 280, 322, 329, 531.
Leitung, sensible 80, 503.
— motorische s. Pyramidenbahn.
Leitungseinrichtung 600.
v. *Lenhossèk* 19, 21, 25, 36, 39, 40, 45, 46, 49, 50, 55, 94, 96, 161, 162.
*Leonowa* 515.
*Lewis* 465, 467.
*Leyden* 347.
Lobulus paracentralis 467.
Lobus (Vgl. Gyri) electricus 190.
— frontalis 436.
— olfactorius 442.
Locus coeruleus 128.
*Loewenthal* 74, 78, 81, 85, 96, 388, 389.
*Lotheisen* 290, 543.
*Luciani* 431.
*Lugaro* 127, 181, 184, 189, 372.
*Luys* 137.

Maculabündel 210.
*Magendi* 441.
*Mahaim* 135, 244, 253, 256, 406, 522, 523, 552.
*Manouélian* 451, 619, 624.
*Marchi* 3, 81, 96, 385, 389, 406, 407, 410, 413, 414, 496, 561, 566.
*Marie* 72.
*Marinesco* 251, 553.
Markfeld, *Koch*sches 342.
Markscheidenentwickelung 4, 8, 102, 344, 419, 583.
*Mauthner* 191.
*Mayer* 181.
*Mayser* 148, 152, 155, 158, 522.
Membrana olfactoria s. Schneideri 442.
*Mendel* 157, 182, 188, 189, 192, 197, 407.
*Mershejewski* 466.
*Mertin* 444.
Methoden 1.
— Abfaserungs- 2.
— der fortlaufenden Schnittserien 2.
— Vivisektions- 6.
*Meyer* 247, 249, 347.
*Meynert* 80, 188, 192, 221, 264, 297, 298, 309, 387, 461, 467, 505, 548, 576.
*Michel* 207.
*Miclucho-Maclay* 136.
*Mingazzini* 131, 147, 148, 285, 310, 383, 396, 400—402, 512, 513.
*Minor* 440.
*Mirto* 135.
*Misslawski* 143, 430.
*Moeli* 217, 251, 523.
v. *Monakow* 138, 164, 173, 202, 206, 209, 223, 230, 243, 244, 248, 255, 273, 274, 284, 324, 328, 330, 331, 406, 498, 506, 512—517, 520, 522, 523, 528, 530, 533, 536, 552, 559, 576, 581, 606.
*Mondino* 468.
Moosfasern 372.
*Mott* 45, 46, 248.
*Muchin* 121.
*Münzer* 35, 40, 248, 521.
*Munk* 430, 433—436, 522.
*Muratoff* 252, 281, 321, 431, 496, 555, 557, 558, 559, 572, 575, 576.

*Nansen* 608.
Nervenbahn 604.
Nerveneinheit 10.
Nervenfasern 1.
Nervensystem, peripheres 15, 602.
— sympathisches 11.
Nervenzellen 1, 600.
Nervi cerebrales 224, 310, 333, 347.
— intermedius Wrisbergii 183.
— lateralis 151.
— lingualis 314.
Neurit 602.
Neuron 10.
*Nikolajew* 14.
*Nothnagel* 430, 441.
*Nettelchips* 210.
Nuclei: accessorius Rolleri 149.
— ambiguus 121, 151, 152.
— amygdalae 468.
— angularis 125.
— anterior acustici 162.
— arciformis 119.
— Bechterewi 125, 178.
— caudatus 439, 593.
— centrales 122, 129, 143, 261, 342.
— commissurae posterioris 287.
— corporum restiformium 123.
— Deitersi 123, 169, 170, 392.
— Duvali et Kochi 149.
— emboliformis 359.
— fasciae dentatae 470.
— fastigii 359, 377.
— funiculi anterioris 121, 261.
— — cuneati 113, 232, 233, 381, 382.
— — gracilis 113, 232, 381, 383.
— — lateralis 114, 304, 381.
— — teretis 121.
— Ganseri 137.
— globosus 359.
— habenulae 136, 137, 287.
— innominatus 136, 303.
— intercalato 149.
— lemnisci lateralis 128, 132, 328.
— lentiformis 534.
— magnocellularis 115, 138.
— medianus 143.
— minimus 135, 406.
— pontis 130, 304, 635.
— präolivarius 125.
— pyramidalis 119 (s. arciformis).
— respiratorius 121.
— reticularis tegmenti 125, 262.
— Rolleri 123.
— ruber 135, 240, 292, 508.
— strati zonalis 138.
— supraopticus 140.
— thalamici 529.
— tractus peduncularis transversi 135.

Nuclei: trapezoideus 125.
— vestibularis 125, 170, 338, 525.
*Nuir* 73, 247.
*Nussbaum* 340.

*Obersteiner* 73, 125, 157, 163, 191, 221, 342—344, 438, 526, 548.
*Obregia* 434.
Oculomotorius 134, 192.
Olfactoriusbahnen 535, 545.
Olivae accessoriae 118.
— inferior 117, 142, 257, 299, 361, 381, 385.
— superior 124, 393.
Olivenzwischenschicht 233.
*Onufrowitsch* 163, 173, 176, 559, 575.
Opticus 198, 333, 488, 518.
Organa aequilibrii 361.
*Oseretzkowski* 324, 325, 522.
*Ossipoff* 48, 152, 153, 155, 156.
*Otti* 79.

*Pal* 3, 28, 33, 39 ff.
Pallium 425.
*Passow* 581.
Pedunculi cerebelli 292, 293 ff.
— cerebri 483.
— conarii 287.
— corporis mamillaris 283.
— flocculi 414.
— olfactorius 544.
*Pellizzi* 379, 389, 399, 409.
*Perlia* 192, 220, 221, 520.
*Pfeiffer* 36.
*Philippe* 72.
*Pick* 27, 64, 197, 208, 250, 343, 347.
*Pierret* 157.
*Pineles* 72, 433.
*Pitres* 491.
Plexus substantiae Rolandoi 33.
*Ponjatowski* 444, 549, 566.
*Popoff* 173, 565, 566.
*Prevost* 27.
*Pribytkoff* 210, 219, 223, 242, 295, 296.
Projektionsbahnen 482.
Psalterium 536, 567.
Psychoreflexe 429.
Pulvinar thalami 137.
Pupillenfasern 215.
Putamen 439, 551.
Pyramidenbahn 75, 77, 92, 104, 276, 348, 489.

*Rabl-Burckhard* 563, 617.
Radiatio strio-thalamica 551.
Radices anteriores 44, 103.
— nervorum cerebralium 145 ff.
— posteriores 30.
*Ramón y Cajal* 9, 14 19, 21, 28, 31 33, 34, 40, 47, 53, 55, 86, 94, 117, 120, 125, 139, 146, 149, 152, 154. 159, 161, 162, 168, 170, 189—202, 206, 228, 229, 266, 269, 274, 275, 280, 284, 285, 288—290, 293, 294, 315, 316, 364, 378, 392, 403, 404, 407, 416, 444, 450, 453, 458, 459, 470—473, 476—479, 521, 541, 553, 550—560, 568, 602, 604, 607, 608, 618, 620, 623.
Ramus cochlearis 161, 322, 392.
— vestibularis 161, 333, 391.
Randzone 32.
*Rauber* 125, 606.
*Rawitsch* 10.
*Raymond* 149.
*Redlich* 72, 217.
Reflexbahn, optische und akustische 269.
*Reimers* 36, 46, 67, 570.
Retina 199.
*Retzius* 161, 215.
Riechcentrum 435.
Riechfeld 547.
Riechsphäre 637.
Riesenpyramiden 466.
Rinde des Endhirns 454.
— des Kleinhirns 363.
— des Riechlappens 444, 547.
Rindenbrückenbahnen 305, 487, 505, 510, 588.
Rindenfeld (s. auch Zone), sensibles 430.
— sensitiv-motorisches 426.
Rindenwurzel des Tractus opticus 221.
*Roller* 154, 157, 160, 178.
*Romanow* 494.
*Rossi* 79.
*Rossolymo* 246, 347, 506.
*Rothmann* 497.
*Rudolphi* 549.
Rückenmark 17.
*Russel* 408.
*Rychlinski* 343, 344.

Säulen, *Klarke*sche 17, 21, 22.
*Sachs* 554, 573.
*Sakowitsch* 273.
*Sala* 171, 470, 476.
*Salile* 431.
*Samelsohn* 210.
*de Sanctis* 537.
*Sanderson* 440.
*Schäfer* 428, 434.
*Schäffer* 36, 65, 66, 67, 100, 148, 431, 477.
*Schaffer* 101, 247, 255, 343, 470, 471, 473, 474, 477.
*Schiefferdecker* 18.
*Schiff* 430, 441.
*Schipoff* 285, 291, 298, 540, 555, 559, 567, 572.
Schleife 232, 233, 318, 319, 347, 486.
— accessorische 319.
— laterale 323.
— mediale 236, 499.
— obere 234, 238.
— untere 238.
*Schlesinger* 236, 318, 320.
*Schmaus* 65.
*Schmidt-Rimpler* 209.
*Schräder* 250.
*Schtscherbak* 318, 415, 435
*Schütz* 286, 339, 342, 343.

*Schultze* 28, 36, 37, 63, 64, 65, 71, 72, 73, 247.
*Schwalbe* 136.
Sehfasern 215.
Sehfeld 433.
Sehspäre 637.
Sehstrahlung 514, 570.
Seitenstrangbündel, mediales 75, 87.
*Semi-Meyer* 619.
*Senator* 347.
*Sherrington* 74, 82, 559.
*Shukoff* 335, 426.
*Shukowski* 511, 530, 539, 555, 559, 566, 572, 576.
*Siemerling* 191, 209.
*Singer* 35, 40, 248.
*Sioli* 506.
*Smirnoff* 12.
*Sömmerring* 135.
*Sottos* 36, 72.
*Spencer* 136.
*Spiller* 72.
*Spitzka* 180, 249, 298, 319, 330, 340.
Spongioblasten 201.
*Staderini* 148, 149, 160.
Stäbchen 149.
*Starr* 197.
*Stefanowskaja* 618, 619.
Sternzellen 364, 371, 450.
*Stilling* 2, 192, 220, 359, 413.
Stratum gangliosum 202.
— glomerulosum 445.
— granulosum 199, 200, 369, 449, 470, 476.
— lacunosum 474.
— mitrale 448.
— moleculare 364, 447, 470.
— oriens 470.
— radiatum 473.
— reticulare 200, 202.
— zonale 280, 383, 527.
Stria *Baillarger* s. *Gennari* 581, 586.
— Lancisii 541, 575.
Striae medullares 171, 331.
— *Vicq d'Azyr* 468, 581.
*Strümpell* 64, 72.
Subiculum cornu Ammonis 489.
Substantia alba 57.
— ferruginea 128.
— gelatinosa *Rolando* 17, 22, 25, 116.
— nigra 135, 332, 309, 511.
— reticularis alba 115.
— reticularis grisea 115.
*Suchanoff* 623.
Sympathicus 11.
System, intermediäres 87.

Taenia thalami 290.
Tangentialfaserschicht 576.
Tapetum 558.
*Tartuferi* 201, 223.
Tastsphäre 636.
*Teljatnik* 19, 148, 160, 161, 205, 299, 308, 367, 390, 444, 447, 530.
*Testut* 196.
Thalamus 137, 145, 283, 635.
Thalamusstabkranz 528.
*Thomas* 92, 398, 410—412, 415, 497.
*Thomson* 210.
*Tiedemann* 549.
*Timmer* 506.
*Tooth* 63, 65, 82.
Tractus peduncularis transversus 221.
*Trapeznikoff* 281, 319, 322, 493, 502, 511, 531.
*Treviranus* 549.
Trigeminus 126, 127, 185, 315.
Trochlearis 131, 190.
*Tschermak* 504.
*Tschish* 137.
Tuber cinereum 137, 139, 145.
Tuberculum acusticum 123, 162.
*Turner* 387, 409, 410, 506, 511, 516, 522, 533, 534, 561, 575.

*Uhthoff* 210.

Vagus 48, 120, 151.
*Vejas* 247.
Ventriculus III 137, 361.
Vermis superior 380.
Vermittelungszellen 25.
*Vialet* 519, 520, 569, 573, 574.
*Vincenzi* 118, 119.
*Völkers* 198.
*Vossius* 210.

*Wagner* 35.
*Waldeyer* 10, 19.
*Waller* 28, 30.
*Weber* 546.
*Weidenhammer* 304.
*Weigert* 28, 33, 39.
*Weir-Mitschel* 217.
*Werdnig* 309.
*Wernicke* 221, 550, 553, 572.
*Westphal* 64, 191, 192, 195.
*Williamsen* 209.
*Winkler* 506.
*Witkowski* 254.
*Wollenberg* 255, 521.
*Wolters* 581.
*Woroschiloff* 106.
*Worotynski* 101.
Wurzelzone 32, 75.
*Wyroboff* 219.

*Zacher* 506, 510, 522, 523.
Zapfen 199.
*Zeleritzki* 33.
*Ziehen* 174.
Zone, ovale 37, 71.
— sensitiv-motorische 636.
— spezifisch-psychische 638.
*Zuckerkandl* 539, 540, 541, 543, 546, 575.
*Zummo* 285.